

В. И. ВЛОДАВЕЦ

**ВУЛКАНЫ
И ВУЛКАНИЧЕСКИЕ
ОБРАЗОВАНИЯ
СЕМЯЧИНСКОГО РАЙОНА**



ИЗДАТЕЛЬСТВО А К А Д Е М И И Н А У К С С С Р

Ответственный редактор

Б. И. ПИЙП

ВВЕДЕНИЕ

От Кроноцкого залива, омывающего среднюю часть восточного берега Камчатского полуострова, открывается взору одна из великолепных и чарующих панорам камчатских вулканов. Начиная с юга на север видны: вдаль — Козельская сопка, Авача, Корякский вулкан; вблизи — Жупановский трехвершинный вулканический массив, более низкие, сильно разрушенные вулканы Разваленный и Дитмара, правильный усеченный конус Карымского вулкана, почти непрерывно выделяющий пары, и рядом с ним сохранившаяся ноловина вулкана Двор, вулкан Соболиный, далее возвышается «длинным» хребтом Малый Семячик и около него Березовый (Двойной); к северо-востоку от последних поднимается несколько высоких вулканов, расположенных на сравнительно большой площади, называемых Большим Семячиком; еще дальше на северо-восток — вулканы Кихпиныч и Крашенинникова и, наконец, на крайнем севере панорамы поднимается высокая, стройная конусообразная Кроноцкая сопка.

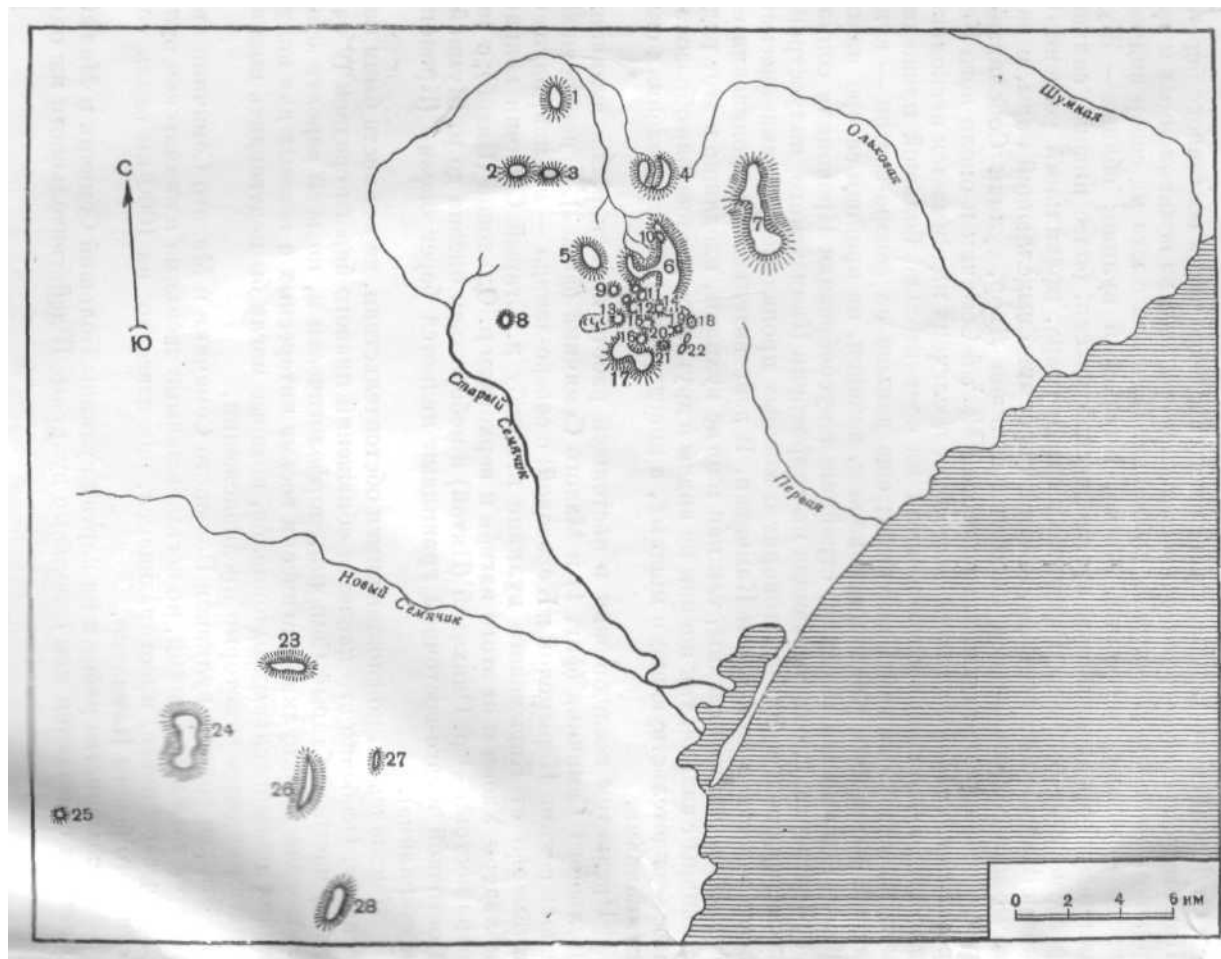
Эта картина, охватывающая на территории Камчатского полуострова полосу длиной в 200 км, говорит о мощных проявлениях вулканической деятельности в этой части Камчатки. В действительности проявления ее еще более многочисленны, так как многие вулканы, входящие в этот ряд, не видны с залива, так же как не видны и другие вулканические образования, свидетельствующие о мощных, а иногда и грозных проявлениях сил вулканизма.

Предметом исследования в настоящей работе явился район вулканов Большого Семячика (фиг. 1) и Малого Семячика (фиг. 2), ограниченный с юга реками Карымской и Березовой; с северо-запада — линией, идущей примерно от Карымского вулкана к изгибу р. Старый Семячик вблизи кальдеры Узона и от этого изгиба к верховьям р. Ольховой (Пятой); с северо-востока — р. Ольховой (Пятой) и побережьем океана до р. Шумной. Восточной и юго-восточной границами является берег океана (Кроноцкого залива).

К сожалению, по сложившимся обстоятельствам, не все места были посещены. Особенно это касается обнажений правого берега средней (у изгиба) части р. Старый Семячик, морфологически и, по всей вероятности, геологически и вулканологически весьма интересных и важных для получения дополнительных материалов, которые могли бы подтвердить высказываемые далее некоторые предположения.

Эти две группы вулканов Большого Семячика и Малого Семячика являются хотя небольшими, но весьма важными звеньями в камчатском вулканическом поясе, простирающемся, как известно, на 1000 км вдоль восточного берега Камчатки.

В большинстве работ и на картах вулканы Большой Семячик и Малый Семячик отмечаются как отдельные вулканы. В действительности же они



Фиг. 1. Схематическая карта вулканов Семячинского района:

1 — вулкан Кулакова; 2 — вулкан Западный Баранин; 3 — вулкан Восточный Баранин; 4 — вулкан Бурлящий; 5 — вулкан Попкова; 6 — вулкан Центральный Семячик; 7 — вулкан Большой Семячик; 8 — вулкан Плоско-Кругленький; 9 — вулкан Иванова; 10 — полукупол; 11 — купол «со щитом»; 12 — купол «с пемзой»; 13 — купол «Корона»; 14 — Купол Еж; 15 — купол «Перемычка»; 16 — купол Южно-Центральный; 17 — вулкан Проблематичный; 18 — купол Скалистый; 19 — купол Крутой; 20 — купол Черный; 21 — купол «с кратером»; 22 — купола Овальные; 23 — вулкан Двойной (Березовый); 24 — вулкан Малый Семячпк; 25 — вулкан Ступенчатый бастион; 26 — вулкан Стена; 27 — вулкан Прибрежный северный и 28 — вулкан Прибрежный южный

представляют собой группы вулканов. Особенно это касается вулкана Большой Семячик, который, как будет видно из дальнейшего изложения, состоит из семи отдельных вулканов и восьмого — сложного вулканического аппарата, состоящего в свою очередь не менее чем из 18 вулканических сооружений.

Этот район автор посетил три раза. В 1938 г., возвращаясь с работы, в районе Карымского вулкана прошел с В. Д. Троицким по северным склонам подошвы Малого Семячика. В 1946 г. были исследованы, несколько



Фиг. 2. Вулканы Центрального Семячика.

более подробно, вместе с А. И. Морозовым, В. Д. Троицким и Е. В. Ястребовым, западные и южные склоны этого вулкана и совместно с Е. В. Ястребовым северная часть группы Большого Семячика. В 1947 г. вместе с Е. Ф. Уратковым изучалась группа вулканов Большого Семячика.

Настоящая работа написана на основании личных наблюдений и данных камеральной обработки с учетом некоторых наблюдений и материалов, полученных коллекторами Е. В. Ястребовым и Е. Ф. Уратковым. При описании же Малого Семячика, особенно данных по вулканическим образованиям его северо-восточного и восточного склонов, частично использованы материалы Л. И. Морозова.

Химические и спектральные исследования, за исключением анализов термальных вод, были произведены Н. Н. Шавровой. Рентгенограммы были засняты Н. Н. Слуцкой.

Всех их благодарю за помощь в работе.



1. ПРЕДЫДУЩИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

Первое упоминание о вулканических образованиях Семячинского района находится в замечательной работе С. Крашенинникова (1755) по описанию камчатской природы.

Однако С. Крашенинников о самих Семячинских вулканах ничего не написал, а касался главным образом горячих источников, расположенных к югу и к северу от группы вулканов Большого Семячика.

Первые сведения о вулканах Семячинского района привел К. Дитмар (1901), но, к сожалению, в названиях вулканов данного района в его работе допущена путаница, и только благодаря его зарисовкам и общим описаниям можно установить местоположение и названия этих вулканов. Эти ошибки становятся понятными в слов самого К. Дитмара, который в отношении этого района написал следующее: «Перед нами лежала вся прекрасная цепь вулканов восточного берега Камчатки. Я сожалею только о том, что не мог тогда же узнать названия многих конусов, а потому лишен возможности приурочить имена, указанные мною впоследствии, к отдельным горам, виденным мною из лагеря и нанесенным на прилагаемый небольшой чертеж».

Читая эту работу К. Дитмара, следует все время иметь в виду, что его Малый Семячик — это в действительности Карымский вулкан, его Большой Семячик — это Малый Семячик, а его вулкан Кихпиныч — это группа Большого Семячика.

Эти действительные названия вулканов подтверждаются, как было уже отмечено, его же засечками, зарисовками и общими описаниями. Так, например, в отношении группы Большого Семячика, именуемого К. Дитмаром Кихпинычем (стр. 649—650), написано: «Мы подошли так близко к Кихпинычу, что оказались отделенными от него только глубоким ущельем, в котором с шумом протекал северный исток Семячика. Кихпиныч — величественный, поднимающийся на высоком основании горный узел, гребень которого состоит из многих конусообразных возвышенностей. Здесь все производит такое впечатление, как будто этот узел некогда был исполинской конусовидной горой, но потом разрушился и вследствие конусовидных поднятий принял современный вид. Еще теперь вблизи северного конуса поднимаются из ущелья массы пара. Таким образом, гора принадлежит к числу еще действующих вулканов страны».

Все это описание (нахождение горного узла у северного истока р. Семячик и общая морфология) свидетельствует о том, что этот Кихпиныч является группой вулканов Большого Семячика.

К. Дитмар в своей работе касался главным образом некоторых проявлений вулканической деятельности этих вулканов и дал описание ряда горных пород, обнажающих на побережье (стр. 256—258).

Некоторое представление, но в деталях неверное, о вулканах Семячинского района дает «Каталог вулканов Камчатки» П. Т. Новограбленова (1932), в котором сказано, что недалеко от Березовского вулкана, на общем с ним основании, стоит тупо заостренным пиком угасший вулкан Малый Семячик, с северного склона которого стекает южный исток р. Семячик. У места же перехода Семячинского плато в Кроноцкое вулканическое плато находится огромный разрушенный конус высотой 1720 м, называемый Большим Семячиком. В ущелье юго-восточного конуса, по П. Т. Новограбленову, находится сольфатара, на южном склоне — фумаролы, а в 2 и 5 км от них, на юго-западном склоне, расположены гейзеры. Большая площадь вокруг них выложена белоснежным гейзеритом, а в круглых ямах кипит густая окрашенная жидкость.

Главная ошибка в этом описании заключается в том, что фумаролы, сольфатары и гейзеры, окруженные гейзеритом, приурочены к северным склонам вулкана, а не к южным.

Некоторые сведения по геологии Семячинского района дает Л. А. Гречишкин (1935), по данным которого этот район сложен постплиоценовыми образованиями: андезитами, базальтами и туфами, а также аллювиальными, озерными и волноприбойными морскими отложениями.

Б. И. Пийп (1937) в своей работе касается Нижнесемячинских горячих источников, расположенных у подошвы южного склона вулканов Большого Семячика, и высказывает мнение, основанное на общих соображениях по геологии Камчатки и прилегающих районов, что основания вулканов и плато образованы из дислоцированной толщи верхнемеловых — нижнетретичных туфогенных осадков, на которые налегают снизу вверх риолитовые пемзы и пеплы, затем туфы и туфолавы андезитового и дацитового состава и, наконец, базальты.

В статьях А. Н. Заварицкого (1937, 1940, 1955) отмечена приуроченность вулканов Большого Семячика и Малого Семячика к линии разлома северо-восточного направления и даны некоторые новые сведения о Большом Семячике. «К югу от Узона, километрах в 25, находится вулкан Большой Семячик. Он составляет наиболее высокую крайнюю часть небольшого хребтообразного вулканического массива, вытянутого в северо-западном направлении. От устья р. Семячик вулкан имеет очертания трапециоидальной горы с более или менее горизонтальным зубчатым вершинным гребнем. Склоны его с редкими барранкосами полого опускаются к морскому побережью. С севера, со стороны Узона, видна обширная, обращенная на север кальдера, занятая ледником, спускающимся в виде широкого языка до высоты около 1000—1100 м. Внутренняя сторона кальдеры высокая, крутая и скалистая. К. Дитмар упоминает о большом извержении, при котором прежде высокий островерхий вулкан якобы изменил свою форму. Упоминается об извержении его в 1855 г. В настоящее время указывают на сольфатару в ущелье юго-восточного конуса и фумаролы на южном склоне. В нескольких километрах на юго-западном склоне вулкана — кипящие источники со снежно-белыми отложениями и с кипящими котлами, наполненными ярко окрашенной жидкостью».

В этом описании повторены некоторые ошибки, допущенные К. Дитмаром и П. Т. Новограбленовым. Следует отметить только, что данные К. Дитмара относительно извержений и предшествующей формы вулкана следует относить к Малому Семячику, а не к Большому. Фумаролы же и сольфатары находятся, как уже упоминалось, не в южной, а в северной части вулкана.

Геологические исследования А. В. Щербакова (1938, 1941) частично захватили и район Семячинских вулканов. Породы, слагающие этот район, он относит, до известной степени условно, к четвертичным образованиям,

причем подразделяет их на постплиоценовые (охватывающие доледниковую стадию и стадии оледенения) и постледниковые (охватывающие постледниковую и современную стадии). А. В. Щербаков отмечает также наличие на р. Березовой дислоцированной глины и туфогенного песчаника, которые он относит, только на основании дислоцированности, к третичным отложениям. К постплиоценовым образованиям А. В. Щербаков относит вулканические образования как на плато, так и на прибрежных к океану склонах между реками Березовой и Семячиком и к северо-востоку от последней. Эти образования он разделяет на основании различного способа и характера их возникновения, различного состава и их различного гипсометрического положения на нижние, средние и верхние.

К нижним, наиболее древним породам относятся вулканические образования на прибрежных склонах от р. Березовой до р. Семячик и несколько дальше, к северо-востоку от последней. Самые низы представлены пемзовыми туфами, на них залегают стекловатые туфобрекчии, переслаивающиеся с андезито-базальтовыми покровами, со слоями туфогенных песчаников и мелких галечников с белыми прослойками вулканического пепла, причем туфобрекчии залегают в виде пластов мощностью до нескольких метров, а местами и до 25 м, слагая береговые обрывы, высота которых колеблется от 10—12 до 25—30 м.

К средним постплиоценовым образованиям А. В. Щербаков отнес туфы и туфобрекчии склонов, обнажающихся в нижней части р. Новый Семячик, а к верхним постплиоценовым образованиям — андезито-базальты, обнажающиеся в истоках р. Новый Семячик и к верхней части склонов долины этой реки в ее среднем и верхнем течении.

Наличие ледниковых образований и древних аллювиальных отложений (речных террас выше 10—12 м) Щербаков отмечает только в средней части течения р. Жупановой, находящейся к западу от Семячинского района. Постледниковые и современные отложения (речные террасы ниже 10 м) благодаря сильной эрозии отсутствуют. Озorno-лагунные же образования находятся в устьях рек Старый Семячик и Новый Семячик и к югу от рек Березовой и Карымской до р. Жупановой.

Встречающиеся на плато каменные моря и на склонах каменные осыпи образуют современные делювиальные и элювиальные отложения.

Наконец, А. В. Щербаков отмечает проходящий вдоль нижнего течения р. Жупановой на северо-запад разлом, который отделяет более древний третичный фундамент (расположенный к югу от него) и поднятый здесь по отношению к четвертичным образованиям, обнажающимся к северу от этого разлома.

В статьях В. И. Влодавца (1939, и 1947) кратко описана морфология вулканов Малого Семячика и соседнего Березового (Двойного), состав некоторых их лав, и выявлена принадлежность Малого Семячика не к потухшим, а к действующим вулканам.

В. Д. Троицкий (1941), касаясь истории вулканизма в районе р. Семячик, отмечает, что по всей береговой полосе шириной около 50 км от р. Жупановой до р. Кроноцкой породы третичного и более древнего возраста покрыты более молодыми продуктами вулканических извержений и не обнажаются на дневной поверхности.

Касаясь времени усиления вулканической деятельности В. Д. Троицкий пишет, что по имеющимся материалам не ясно время начала проявления вулканических сил, «но можно думать, что вулканизм уже имел место в плиоцене, максимального же, активного и катастрофического проявления вулканическая фаза достигла в начале четвертичного периода», а в настоящее время эти мощные и грандиозные процессы в этом районе почти затухли.

На основании геоморфологического изучения территории вулканов Карымского и Малого Семячика В. Д. Троицкий (1947) расчленил ее на три зоны: 1) центральную — вулканическое плато с расположенными на нем вулканами, 2) краевую — склон вулканического плато и 3) береговую — береговую равнину, состоящую из современных аллювиальных отложений рек и аккумулятивных намывных берегов залива.

В соответствии с этим делением В. Д. Троицкий отметил для центральной зоны морфологические особенности вулканических сооружений, особо выделив из них два типа — дугообразные и звездчатые вулканы.

Краевая зона, представляющая собой склоны вулканического плато, сложена, как и центральная зона, вулканическими породами. Ширина краевой зоны колеблется от 6 до 20 км и зависит от общей истории развития слагающих их вулканических отложений. Эта зона подвергнута очень сильной речной эрозии и отчасти морской абразии. В береговой зоне характерно возникновение дельтовых отложений для рек Семячика и Жупановой, вначале и виде подводных валов, которые затем, став надводными, создали современные косы. Под их защитой произошло накопление дельтовых отложений путем оседания вынесенного реками материала.

Накопление аллювиальных отложений и абразия морского берега, сложенного вулканическими образованиями, продолжают и в настоящее время.

В заключение В. Д. Троицкий (1947) дает общую схему развития рельефа для района от р. Жупановой до р. Семячик: «Весь район сложен вулканическими породами, вышедшими из недр земли в результате процессов вулканической аккумуляции на протяжении громадного промежутка времени. На сегодня этот процесс имеет место лишь вблизи вулкана Карымского, конус которого является наиболее свежим образованием этого рода. Вообще же в настоящее время в районе господствуют эрозионные процессы, а все остальные занимают подчиненное положение. В соответствии с относительной молодостью нашего района и продолжающейся вулканической деятельностью, эрозионный цикл находится в стадии молодости...».

Устойчивое состояние в процессе развития рельефа, отмечает В. Д. Троицкий, характерно лишь для краевой зоны. Центральная же и береговая зоны неустойчивы, так как они являются ареной борьбы противоположно направленных сил. «В центральной зоне мы имеем проявление вулканической деятельности, нарушающей нормальный ход деструкции, а в береговой — сталкиваемся с работой морского прибоя, непрерывно формирующего береговую линию. Под влиянием динамики этих сил в течение времени возникли и возникают все существующие формы рельефа».

В 1945 г. Т. И. Устинова (1947) пересекла маршрутом группу вулканов Большого Семячика и в своей работе коснулась главным образом Верхнесемячинских горячих источников.

В 1949 г. вышла из печати научно-популярная книжка В. И. Влодавца «Вулканы Советского Союза», в которой были приведены некоторые сведения о количестве вулканических образований в Семячинском районе, их форме и деятельности некоторых из них.

Несколько позже появилась статья Е. В. Ястребова (1953), в которой кратко, но несколько подробнее, чем в предыдущей книжке, описаны вулканы группы Большого Семячика, обращено внимание на систему рек в этом районе, причем отмечена интересная морфологическая особенность р. Старый Семячик. Эта река, являясь горной речкой, в своем верховье сильно меандрирует, что объясняется тем обстоятельством, что в этой части она протекает в межгорной котловине, по относительно широкой долине, выполненной продуктами сноса с окружающих вулканических образований.

Обращено внимание также на современные ледники. В заключение Е. В. Ястребов приходит к выводу, что 1) эта группа вулканов является образованием четвертичного времени, 2) четвертичный вулканизм служит основным фактором, создавшим главные черты рельефа этого района, и 3) наиболее раннее проявление вулканизма в районе группы вулканов Большого Семячика было в северо-западной его части.

В отношении этих выводов Е. В. Ястребова необходимо отметить, что некоторые купола, как Скалистый, Корона и Еж (как это будет видно в дальнейшем) образовались недавно, и, таким образом, группа вулканов Большого Семячика является продуктом не только четвертичного, но и современного вулканизма. Кроме того, в статье допущена ошибка: полуразрушенный вулкан Проблематичный назван вулканом Иванова. В действительности же в книжке «Вулканы Советского Союза» это название носит небольшой, хорошо сохранившийся конусообразный вулкан, расположенный непосредственно рядом с южным склоном вулкана Попкова.

В 1955 г. вышла из печати работа А. Н. Заварицкого «Вулканы Камчатки», написанная по материалам аэровулканологической экспедиции 1946 г. и данным, ранее опубликованным А. Н. Заварицким (1940 и 1954). В ней описаны некоторые вулканы группы Большого Семячика и Малого Семячика.

Однако эти описания не дают полного представления о вулканах, особенно о группе вулканов Большого Семячика, и, как будет видно дальше, частично ошибочны.



2. О ГЕОЛОГИЧЕСКОМ СТРОЕНИИ И ИСТОРИИ СЕМЯЧИНСКОГО РАЙОНА

Обоснованием для суждения о геологическом строении и особенно о геологической истории Семячинского района служат главным образом обнажения вдоль берега океана от р. Березовой до р. Шумной.

Примерно в 1 км к северу от Березовой, в обрывах океанского берега, на протяжении около 2,5 км наблюдается отдельными небольшими обнажениями гигантобрекчиеподобная порода, состоящая из глыб и мелких обломков лав, заключенных в слабо сцементированном окислами железа вулканическом песке.

По этим обнажениям и собранным материалам трудно выяснить происхождение этой брекчиеподобной породы (слишком слабо она сцементирована, чтобы называть ее брекчией). Возникла ли она в результате отложений грязевого потока или образовалась в результате каких-то других процессов — остается пока неясным. Быть может, она является отложением агломератового потока.

Далее к северу, за вторым от р. Березовой ручьем, обнажаются песчаные отложения с окатанными, слабо окатанными и неокатанными глыбами горных пород от нескольких сантиметров до полуметра в поперечнике. Эти отложения на северной стороне мыска, расположенного примерно в 4 км от Березовой, имеют мощность около 15 м. Вопрос об их происхождении также остается открытым. Возможно, они являются отложениями грязевых потоков, горячих туч или, может быть, что менее вероятно, даже ледниковыми образованиями.

На этих отложениях на упомянутом мыске залегает поток с крутыми склонами туфовой лавы [17]¹ шириной порядка 400—500 м мощностью 6—8 м, простирающийся на западо-северо-запад. Ближайшими вулканическими каналами, по которым мог подняться этот поток, являются вулкан Прибрежный, расположенный в 9 км от моря, и район кальдеры Малого Семячика, восточный край которого, так называемая Стена, находится в 15 км от океана.

Принадлежность этого туфоловового образования к потокам подтверждается еще и обнажениями на северном склоне мыска, где оно постепенно снижается с запада на восток по слабо наклонной, почти ровной подстилающей поверхности, сложенной преимущественно песками.

Самый поток туфовой лавы обладает в своих верхней и нижней частях тонкой плитчатой отдельностью почти параллельно направлению течения и нижней и верхней поверхностям потока.

На этом же мыске, в западной части северного его склона, под вышеупомянутыми туфоловой [17] и рыхлыми отложениями обнажается более древ-

Везде в прямых скобках даны номера образцов пород.

ний, чем упомянутые образования, базальтовый поток [16] (фиг. 3), который, полого подымаясь к северо-западу и достигая мощности 4 м, прослеживается вдоль берега на протяжении свыше 1,5 км. Базальт этого потока также обладает в нижней части тонкой (1—2 см) плитчатой отдельностью, параллельной поверхности подошвы потока, совпадающей с направлением его течения. Верхняя часть потока на упомянутом мыске богата пузырьками, расположенными также почти параллельно верхней поверхности потока, т. е. по направлению течения потока, в виде особых слоев.

Кроме того, в этом базальте под тонкой отдельностью на темно-сером, почти черном фоне видны красновато-серые тоненькие, прерывистые и параллельные друг другу и тонкой плитчатой отдельности линии.



Фиг. 3. Туфолавовый (вверху) и базальтовый (внизу) потоки. Фото Е. Ураткова.

Примерно в 1 км севернее упомянутого мыска наблюдается в береговом обрыве следующая смена пород (фиг. 4).

Как видно по разрезу, у уровня океана появляются туфобрекчиевые или туфолавовые образования. Выше их — песок без видимых крупных глыб. Над ним — упомянутый базальт [16] с тонкой плитчатой отдельностью, параллельной нижней и верхней поверхностям потока. Над базальтовым потоком — отложения слабо сцементированного черного вулканического песка с вулканической дресвой, которые покрываются тонким (около 1 м) слоем светло-серого пепла и затем почвой.

На следующем к северу мыске обнажения базальтового потока оканчиваются, причем в южном обрыве этого мыска базальт непосредственно налегает на туфобрекцию (?), а в северном обрыве последняя отделена от базальтового потока рыхлыми с крупными глыбами отложениями, аналогичными вышеупомянутой брекчиевидной породе (фиг. 5). Высота лежащего бока потока здесь около 10 м над уровнем океана.

Эти рыхлые отложения обнажаются вдоль берега на протяжении около 1,5 км и исчезают у мыса, называемого Ванькин нос. Вблизи него они похожи на моренные образования, представляя собой беспорядочное нагро-

мождение крупных глыб в более светлом серо-желтом песке, отличающемся по окраске от предыдущих подобных отложений (фиг. 6).

Под ними кое-где и большей частью в полосе прилива обнажается туфолова, отчасти приближающаяся к вулканическому туфу [15], в которой в зоне прилива находятся исполинские котлы диаметром от 0,5 до 1 м (фиг. 7).

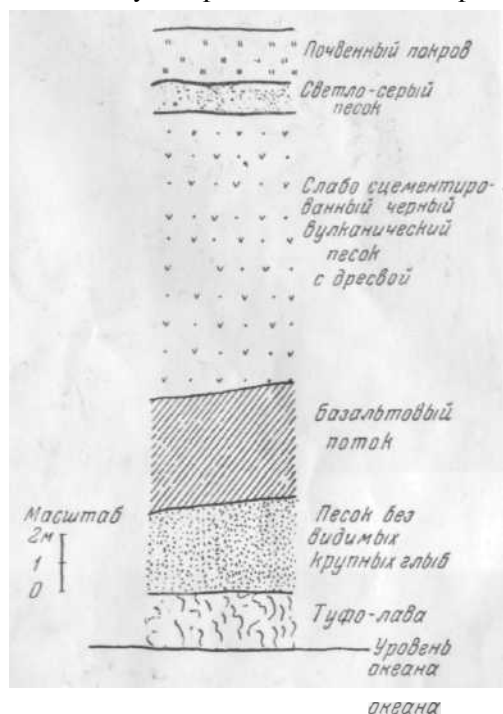
Нижняя часть мыса Ванькин нос представляет собой пемзово-песчанистую слабохолмистую поверхность, на которую налегает черный поток туфовой лавы мощностью около 3 м [13]. Его покрывает светло-серая вулканическая туфобрекчия [14]. Эта порода похожа местами на вулканический конгломерат, местами на вулканическую брекчию. На некоторых участках обе породы [13 и 14] обладают слоистым строением. Отдельность у черной туфолавы [13] неправильная, но местами слегка напоминающая столбчатую, а у серой [14], кроме того, и тонкоплитчатая. По-видимому, эта слоистость вызвана субпараллельным расположением стеклянных линз и линзочек и другого материала разных размеров по направлению «течения потока» (фиг. 8).

Обнажения на следующем от Ванькина носа мысе являются наиболее важными с точки зрения выяснения геологической истории района.

В южном обрыве мыса и в северной части его, в том месте, где он примыкает к берегу полуострова, обнажаются песчано-пемзовые слои.

Южный обрыв представляет собой очень хороший разрез слагающих его пород. В этом разрезе (фиг. 9) внизу находится пологая вершинка холмика, сложенного из песка и пемзовой дресвы. На них залегают горизонтальные слои супеси, пемзы и вулканического песка мощностью от нескольких миллиметров до нескольких десятков сантиметров. Слои вулканического песка концентрируются преимущественно на высоте 2—3 м, а иногда и около 4 м. Среди первых особо выделяются семь слоев с максимальной мощностью одного слоя 5 см. Общая мощность второй пачки слоев, т. е. на высоте 4 м,— около 25 см. Эти две пачки слоев несомненно свидетельствуют об усилении вулканической деятельности во время их формирования или перед ним, причем образование более древней (нижней) пачки, вероятно, было вызвано более интенсивной вулканической деятельностью.

В том месте, где мыс примыкает к полуострову, находилась впадина, бывшая, по всей вероятности, некогда долиной или ложбиной, которая затем была заполнена отложениями черного базальтового песка и дресвы. На последних, а также на упомянутых слоистых песчаных отложениях залегает серо-коричневая туфолова [8] мощностью 4—6 м в северном ее обрыве с тонкой плитчатой отдельностью в лежачем и всياчем боках. Эта отдельность наблюдается в верхней части потока на расстоянии от 0,5—



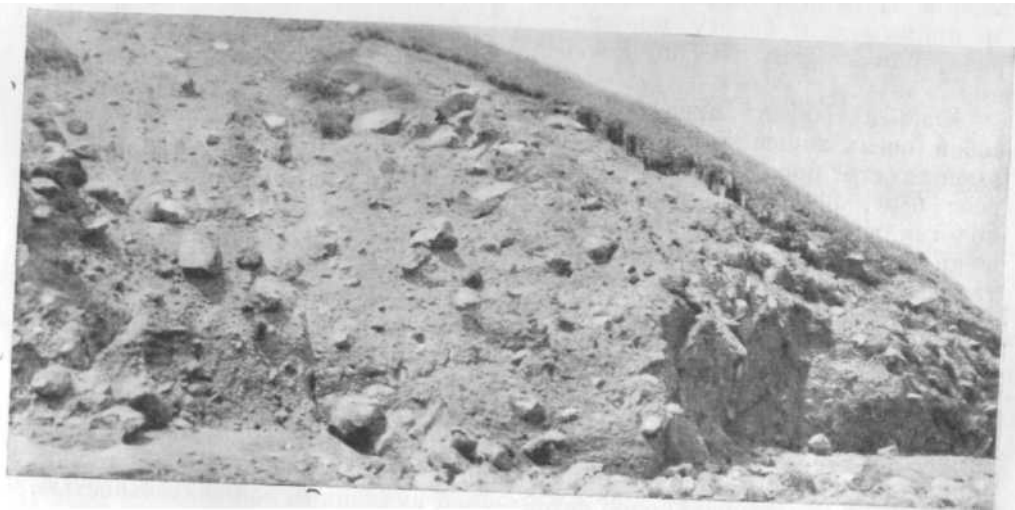
Фиг. 4. Разрез обнажения у базальтового потока.

1 м от верхней его поверхности и в нижней части потока на расстоянии 1,5-2 м.

Форму этого туфолавого образования из-за почвенного и растительного покровов точно определить нельзя. Это образование вдали от берега,



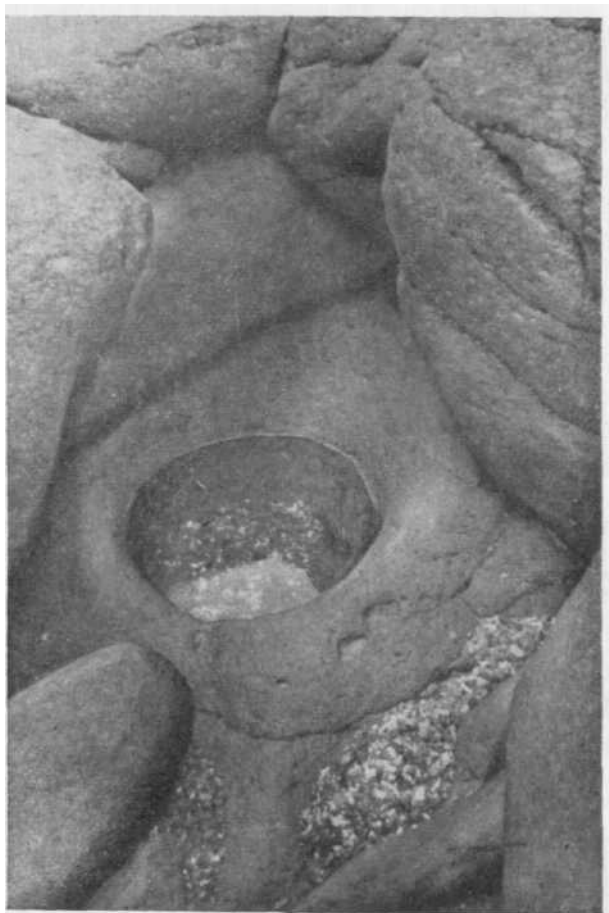
5. Гигантобрекчиевая порода. Фото Е Ураткова.



Фиг. 6. Рыхлые отложения. Фото Е. Ураткова.

шириной до 800 м, с достаточно крутыми, особенно у северного края, склонами полого спускается и, быстро суживаясь, оканчивается извилистым обрывом в океан шириной около 100 м. Таким образом, оно имеет скорее всего потокообразную форму залегания.

Этот поток туфовой лавы [8] спускается к океану по упомянутым слоистым отложениям, несогласно залегая в этом месте на них, и образует род клина (фиг. 9), обращенного острием к северо-западу, т. е. к полуострову. Обнажающаяся в этом клине туфолава [12] очень похожа на туфолаву [17], залегающую в 4 км к северу от р. Березовой.



Фиг. 7. Исполинский котел. Фото Е. Ураткова.

И в этом обнажении [12] в верхней и нижней частях потока наблюдается тонкоплитчатая отдельность, расположенная параллельно лежащему боку (т. е. наклонно) и висячему боку (т. е. приблизительно горизонтально), а в середине потока — глыбовая отдельность.

Над этой туфолавой находится еще несколько, главным образом песчаных, горизонтально залегающих слоев.

Вся эта слоистая толща представляет собой отложения, образовавшиеся, по-видимому, в каком-то прибрежном водоеме, в который затем спустился туфолавоподобный поток.

Семь образцов из этой слоистой толщи были подвергнуты Е. Д. Заклинской споро-пыльцевому анализу. Пять образцов были взяты из слоев, находящихся под потоком туфолавы, и два над ним. Все они, за исключением одного, взятого из-под потока, содержали пыльцу и споры.



Фиг. 8. Туфолавы у Ванькина носа. Фото В. Ураткова.



Фиг. 9. Гуфолововый поток и четвертичные отложения преимущественно туфогенного песчаника. Фото Е. Ураткова.

По исследованию Е. Д. Заклинской, состав полученных спектров совершенно своеобразен. В них по всей толще преобладали споры, причем среди них главная масса — споры папоротников. Плауны и споры зеленых мхов играли подчиненную роль. Среди папоротниковых преобладали споры типа *Dryopteris* и *Asplenium*. Травянистые были выражены слабо, их пыльца встречалась единичными зернами.

На основании этого анализа Е. Д. Заклинская делает следующие выводы: 1) пыльца и споры из образцов, взятых под и над потоком туфовой лавы, одинаковые, 2) все они относятся к четвертичному времени и 3) по сохранности и видовому составу их предположительно можно отнести к небольшому промежутку четвертичного времени.

Таким образом, эти данные споро-пыльцевого анализа дают основание отнести проявления вулканической деятельности у современного океанского берега, в частности время образования туфолавы, к четвертичному времени.

Далее к северу от упомянутого туфолавого потока до р. Бондаренкиной в береговом обрыве обнажается песок с пемзой дресвой.

Между р. Бондаренкиной и текущим севернее ее р. Семячиком снова подходят к морю двумя языками вулканогенные образования. Южным языком, вдоль р. Бондаренкиной, подходит поток туфолавы [4 и 5], близкой по структуре и составу вышеупомянутым потокам [12, 13 и 17]. Северное же обнажение, доходящее до р. Семячика у ее впадения в океан, сложено преимущественно вулканической туфобрекцией [1 и 2]. Между этими языками находится отшнурованное от океана небольшое озерко, уровень которого над океаном около 2 м. Аналогичное озерко вблизи океана и на такой же высоте над ним находится примерно в 8,5 км к северо-востоку от устья р. Семячика. Эти озерка свидетельствуют о небольшом подъеме берега в данном районе.

В 9 км к северо-востоку от устья р. Семячика на протяжении около 2,5 км обнажаются почти во всю высоту берегового обрыва пемзовые отложения (фиг. 10), которые своим северо-восточным краем покрывают туфолававый поток [117/46 и 118/46], обнажающийся и далее вдоль океана до Первой речки. Таким образом, пемзовые отложения здесь более молодые, чем туфолававый поток. Следует отметить также, что верхняя часть потока обладает тонкоплитчатой отдельностью, нижняя же его часть закрыта прибрежным морским песком.

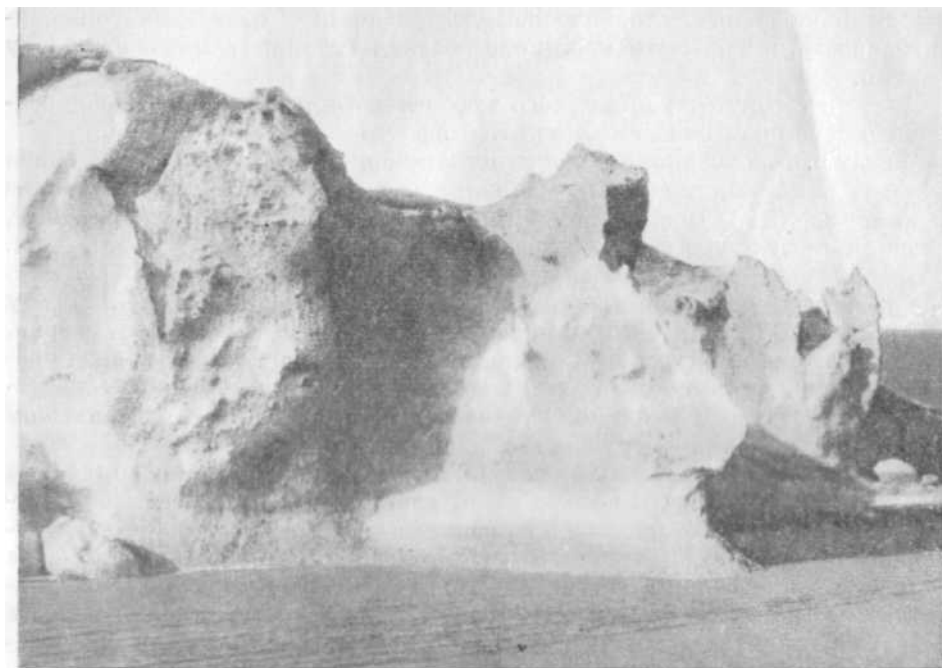
В этом береговом песке в зоне прилива и отлива, в тех местах, где к океану подходят туфолавы и некоторые другие вулканические образования, в частности между пемзовыми скалами и Первой речкой, а также и в других местах дальше к северо-востоку по берегу наблюдаются зерна магнетита, как это уже отметил А. В. Щербаков (1941). Магнетитовые зерна скапливаются в прослойки мощностью 1—2 мм и в редких случаях до 5 мм. Магнетит попал в них из разрушенных и разрушающихся в настоящее время под влиянием физического выветривания (преимущественно морского прибоя) обнаженных здесь на берегу пород, преимущественно туфолав. Далее, под влиянием приливов и отливов, происходит сортировка рассыпавшихся минералов и вулканического стекла по их удельным весам. В результате этого получается слоистое накопление минералов — чередование прослоек магнетита с прослойками других, более легких минералов и вулканического стекла.

На данной стадии образуется рыхлая полосатая магнетитово-силикатная порода. Таким образом, на этом берегу виден процесс разрушения туфолав и процесс концентрации магнетита из рассеянного в туфолаве состояния в прослойки, которые при последующих процессах цементации и метаморфизма могут образовать полосатые магнетитовые руды.



В полукилометре к северо-востоку от Первой речки подходит, спускаясь очень полого к океану, следующий поток туфовой лавы [115/46 и 116/46] шириной около километра.

За этим потоком вблизи Второй речки поднимается холм, который кажется островом на фоне речной долины. В обрывах этого холма к океану обнажается туфобрекчиевая порода [151 и 152], похожая на такие же образования у Первой речки и в обнажениях южнее р. Семячик. Этот холм к югу сливается с обрывистым океанским берегом, в котором через некоторое расстояние туфобрекчия [152] выклинивается, а под ней обнажаются светло-серые, почти белую пемзо-песчаные отложения.



Фиг. 10. Обнажения пемзы. Фото Е. В. Ястребова.

Далее, на мысу, расположенном между Вторым и Третьим ручьями, обнажается вулканическая туфобрекчия [150], которая в северной части мыса налегает на слоистые песчаные отложения. Последние еще дальше к северу сменяются дацитовая лавой с мелкими ксенолитами [149], которая далее к северу в небольшом изгибе берега уходит в океан, причем вблизи него верхняя часть этого образования очень выветрелая — рыхлая и светло-серого цвета.

В заливице вблизи Третьей речки (и к юго-западу от нее) обнажается более однородная с тонкой отдельностью темно-серая дацитовая лава [149]. Между Третьей и Четвертой речками в обрывах небольшого мыса к океану обнажается вулканическая туфобрекчия с тонкой плитчатой отдельностью, в глыбах которой наблюдается и базальт [148].

Между Четвертой и Пятой речками значительно выдается в океан мыс, в южной части которого на двух уступообразных (в плане) изгибах обрыва к океану видны коренные обнажения вулканогенных образований. Можно только предположить, так как образцы не были взяты, что здесь

обнажаются породы, аналогичные или предыдущим, т. е. южнее Четвертой речки, или породам, обнажающимся у Пятой речки. Эти выступы, по всей вероятности, представляют собой концы отдельных потоков.

Северная часть этого мыса, т. е. севернее упомянутых обнажений — выступов, сложена песчаной грядой.

Мысок, незначительно выдающийся непосредственно к юго-западу от Пятой речки, сложен андезито-базальтом [147] с прерывистой отдельностью и с очень тонкими листоподобными включениями (или шлирами), расположенными почти параллельно друг другу.

К северо-востоку от Пятой речки в юго-западной стенке мыса обнажаются два потока. Нижний поток отличается от предыдущих более кислым — риолитовым составом [147]. Из верхнего потока не удалось взять образец слагающей его породы, но возможно, что обнажения в северо-восточной части мыса принадлежат этому же потоку, и в таком случае, вероятно, состав его такой же, как в верхнем потоке и в потоке в северо-восточной части, где породы риолито-дацитового состава [146].

Мысок между шестой и Седьмой речками представляет собой лавовый поток шириной около 1500 м. В юго-западном обрыве потока (в сторону Шестой речки) внизу обнажается мало выветрелая риолитовая туфолава [145], уходящая в океан. Выше ее обнажается резко отграниченная от предыдущей породы, также уходящая в океан, светло-серая (на солнце она кажется совсем белой) вулканическая туфобрекчия [144], легко рассыпающаяся в мелкую дресву и пыль. Над ней находится поток дацитовой лавы [143] с грубо параллельным расположением вкрапленников и их линзообразных скоплений.

Подобная же порода находится и на северо-восточном склоне потока в заливе у Седьмой речки.

В обнажениях светло-серой вулканической туфобрекхии [144] не видно трещин отдельности, а в обнажениях риолитовой туфолавы [145] они ясно выражены, причем трещины, параллельные всяческому боку, рассекают лаву на толстые параллельные друг другу пласты, а поперечные трещины не сплошные, а по каждому слою рассекают их под разными углами на плиты.

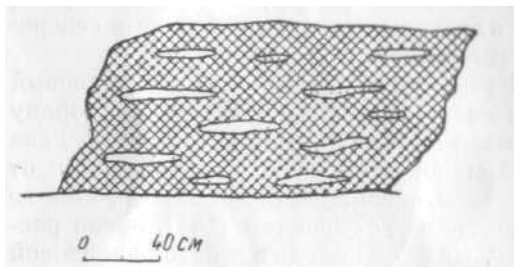
Кроме того, в этом заливе между упомянутым потоком и руслом Седьмой речки находится небольшой холм длиной около 300 м и шириной у океана около 100 м. Он оканчивается у океана обрывом высотой 8—10 м, в котором обнажается легко раскалывающаяся, плотная, но легкая туфовая порода [142]. Она разбита трещинами, проходящими по разным направлениям, на небольшие (20—30 см в поперечнике) куски, и только в верхней части обнажения видна явно выраженная столбчатая отдельность. Высота столбов около 1,5 м, а ширина их около 20—30 см. Эта плотная, но относительно легкая порода принадлежит, вероятно, к более древним вулканическим породам, чем вышеупомянутые и последующие вулканические образования.

Между Седьмой и Восьмой речками обнажаются два потока. Первый, ближайший к Седьмой речке, отличается наличием в светло-серой дацитовой лаве линзообразных пустоток длиной до 30—40 см и толщиной до 5—10 см. Некоторые из них частично заполнены бурыми окислами железа [141]. Главная же масса этого потока сложена серой, даже темно-серой дацитовой породой [139], аналогичной предыдущей, но в ней находятся не пустотки, а линзообразные включения кремово-белого дацита [140] размером до 40 см в длину и до 10 см в толщину. Они расположены параллельно друг другу по направлению течения потока и отчетливо выделяются на темно-сером фоне дацита (фиг. 11). По-видимому, эти линзочки являются шлироподобными выделениями, очень близкими по составу

к главной темно-серой массе породы и, вероятно, более раскристаллизованными.

Следующий (второй) от Седьмой речки к северо-востоку поток, отделенный от предыдущего небольшой ложбинкой, имеет максимальную мощность свыше 40 м и сложен дацитовый лавой со слабо заметным субпараллельным расположением составляющих ее минералов. На северо-восточном же склоне потока (т. е. на склоне к Восьмой речке) в свежих разломах этой же породы встречаются окатанные ксенолиты, которые являются, по-видимому, галькой, захваченной лавой [138].

Следует отметить, что направление простираения всех потоков севернее р. Семьячик в общем с северо-запада на юго-восток, но потоки у Шестой и особенно у Седьмой речек перерезаны достаточно широкими, косыми, по отношению к потокам долинами, сплошь покрытыми растительностью.



Таким образом, сплошного «хребта» потоков в этом районе вблизи океана не наблюдается, потоки как бы начинаются в 2—3 км от океана. Эти долины, по всей вероятности, эрозионного происхождения.

И, наконец, последний поток обнажается между Восьмой речкой и р. Шумной. Ширина его

Фиг. 11. Широкоподобные выделения около 500 м, мощность в лаве (обр. 139 и 140). 25-30 м. Направление потока — с северо-запада на юго-восток.

На юго-западном (и сторону Восьмой речки) и северо-восточном (в сторону р. Шумной) крутых краях потока обнажается слегка слоистая дацитовая порода [соответственно 136 и 135]. Это структурная слоистость, обусловленная отчасти параллельно-линейным расположением белых вкрапленников плагиоклаза среди стекла.

Следует также отметить, что в этих породах и особенно в породе с юго-западного края потока [137] встречается значительное количества ксенолитов.

Далее к северо-востоку от р. Шумной берег океана принимает иной характер. Вблизи реки находится терраса высотой около 2 м, которая на берегу океана исчезает примерно в 0,5 км от реки.

Вторая же терраса, высотой около 10 м, тянется от р. Шумной вдоль берега океана на северо-восток примерно до р. Тихой, а далее этот высокий берег отходит от океана, образуя между ним и берегом болотистую тундру, в которую впадают реки Мутная и Тундровая и через которую протекает р. Кронуцкая.

Вдоль океана северо-восточнее р. Шумной не видно коренных отложений. Только примерно в 1 км от р. Шумной на самом берегу океана лежат окатанные глыбы лав. До них и после них берег представляет собой величественный песчаный пляж.

Вертикальные перемещения берега между рр. Жупановой и Шумной в последнее (геологическое) время были небольшими. О небольшом поднятии, порядка 1,5—2 м, этого района говорят только наличие упоминавшихся отступивших от океана двух небольших озер, среди вдающихся в океан вулканических образований да уменьшение размеров лагуны у р. Семьячик по сравнению с размерами ее в 1737—1740 гг. (данные С. Крашенинникова, 1755). К северо-востоку же от р. Шумной вертикальное перемещение было, видимо, более значительным, как об этом свидетельствует терраса высотой около 10 м.

Таким образом, берег, сложенный вулканическими образованиями, идет от р. Жупановой у вулкана Разваленного, подходит к океану севернее р. Березовой, отходит от него в районе рек Новый Семячик и Старый Семячик, затем снова подходит к океану, и видимые обнажения коренных пород оканчиваются у р. Шумной. Но они, скрытые почвенным и растительным покровом, по всей вероятности, продолжают вдоль берега до р. Тихой и от нее снова отходят от морского берега.

Таким образом, «вулканический берег» между рр. Жупановой и Кроноцкой представляет собой волнистую линию, выдвигаясь в океан двумя широкими дугообразными мысами — выпуклыми дугами между рр. Березовой и Семячиком и между Семячиком и Тихой.

Эта волнистая береговая линия от р. Жупановой до р. Кроноцкой ныне сглажена и представляет собой почти правильный полукруг. Заливчики, вдававшиеся некогда в полуостров в районе рек Жупановой, Семячика и Кроноцкой и отпшурованные затем от океана косами, были занесены в той или иной мере аллювиальными и прибрежно-морскими отложениями, образовавшими низменности, покрытые болотами, озерами и лагунами. Образование этих прибрежных низменностей вызвано преимущественно выносом продуктов эрозии — рыхлого материала из рек и ручьев, текущих к океану. Так, прибрежная низменность у р. Жупановой размерами до 10 км в глубину и около 35 км по берегу океана образовалась в результате выноса рыхлого материала реками Жупановой, Кедровой, Половинкиной, Корнева, Карымской и Березовой. Прибрежная низменность у р. Семячик с максимальными размерами 9 X 10 км является результатом выноса рыхлого материала реками Старый Семячик и Новый Семячик и несколькими ручьями. И, наконец, прибрежная низменность у р. Кроноцкой, размерами 10 x 40 км, образовалась благодаря выносу аллювиального материала реками Тихой, Мутной, Кроноцкой, Богачевской и рядом небольших ручьев.

Судя по обнажениям, наблюдаемым по берегам рек Новый Семячик, Старый Семячик и некоторых других ручьев, общая схема геологического строения от океана в среднюю часть полуострова такова: на туфолавах и вулканических туфобрекциях, обнажающихся на берегу океана, местами залегают более молодые лавовые потоки, образующие плато-дол в результате, быть может, массовых излияний. На них расположены вулканические аппараты и продукты их последних извержений: лавы, вулканические туфы и туфобрекции и отложения горячих туч.

Следует отметить, что туфолава (с черными стеклянными линзочками), подобная туфолавам, описанным выше [17, 13, 12, 8 и др.], обнажается также на высоте примерно около 900 м в верховьях р. Старый Семячик и в ручье, впадающем в нее и текущем с запада вулкана Кулакова. Видимая мощность потока туфолавы в низовьях ручья — до 5 м. Наклон его вдоль ручья в сторону р. Старый Семячик. Таким образом, туфолавовый поток поднимался по вулканическому каналу, расположенному, по-видимому, в северной части вулкана Кулакова или под ним.

На основании приведенных сведений можно сделать следующие выводы.

1. Возраст всех вулканогенных образований четвертичный.
2. Разнообразные вулканические продукты—лавы, туфолавы, вулканические туфобрекции и туфы, вулканический песок с пемзой и пемзовые отложения—свидетельствуют как о разнообразии вулканических процессов, так и о преобладающей роли вулканизма в геологическом строении района.
3. Среди туфолав и лав, обнажающихся на побережье океана, преобладают туфолавы и лавы дацитового состава.

4. Пемза выбрасывалась периодически в различном количестве в течение четвертичного времени.

5. В обнажениях к югу от р. Семячик пемзовая дресва, находящаяся среди осадочных отложений, является наиболее древним образованием, в то время как мощные скопления одной пемзы к северо-востоку от упомянутой реки образовались после возникновения туфолавы, обнажающейся между этими пемзовыми отложениями и Первой речкой.

6. Туфолавовые образования развиты от 4 км к северу от р. Березовой до р. Семячик и от мощных пемзовых отложений северо-восточнее Семячика и до Четвертой речки.

7. Туфолавы встречаются различного облика, но, по-видимому, образование их во времени было относительно близким.

8. Неясно пока происхождение брекчиеподобных пород.

9. Район между рр. Жупановой и Шумной является, очевидно, грабенообразным углублением или, вернее, глыбой опускания.

10. В современный период весь район от р. Жупановой до р. Кроноцкой подымается.



3. ОБЩАЯ МОРФОЛОГИЯ СЕМЯЧИНСКОГО РАЙОНА

Морфологически район Семячинских вулканов можно расчленить на платообразный хребет — дол, с расположенными на нем вулканическими аппаратами, и его склон в сторону океана, а в южной части в сторону р. Правой Жупановой. Платообразный хребет вблизи Карымского вулкана



Фиг. 12. Овражисто-холмистый дол. Фото Е. В. Ястребова.

возвышается на 600 м над уровнем океана. Далее к северо-востоку, примерно на широте Малого Семячика, он значительно расширяется и постепенно повышается, достигая вблизи группы вулканов Большого Семячика высоты около 900 м над уровнем океана.

Все плато (дол) изрезано оврагами и имеет овражисто-холмистый вид (фиг. 12). Оно покрыто тундровой растительностью с небольшими пятнами кустарников кедрового стланика. На нем расположены почти все вулка-



Фиг. 13. Панорама Центрального Семячика и Большого Семячика. Фото Е. Ураткова.

нические аппараты, за исключением двух вулканов, находящихся на склоне к океану к востоку от Малого Семячика.

Характерной морфологической особенностью Семячинского района с примыкающими к нему с юга и северо-востока районами по сравнению со всей Камчаткой является широкое развитие вулканических депрессий. К ним в районе между р. Жупановой в Кроноцким озером относятся кальдеры Карымского озера, Карымского вулкана, Малого Семячика, Большого Семячика и Узона в котловина р. Гейзерной.

Склон платообразного Хребта к океану представляет собой пологие гряды, расчлененные неглубокими ложбинками, оврагами и долинами рек. От группы вулканов Большого Семячика относительно пологий ступенчатый склон спускается залесенными уступами высотой до нескольких десятков метров, которые, вероятно, представляют собой концы или лавовых потоков или других вулканических образований.

Коренные обнажения видны главным образом на плато и на берегу океана и кое-где в полосе склона к океану, преимущественно в узких и в относительно глубоко врезавшихся речных долинах.

Современный рельеф Семячинского района объясняется главным образом сильной борьбой процессов вулканизма и эрозии, происходивших здесь в четвертичное и настоящее время. Излияния лав и туфолав, выпадения пирокластического материала, образование вулканических аппаратов и вулканических депрессий, а также нарушения в почве, вызванные землетрясениями, в борьбе с деятельностью льда, снега, воды, ветра и с колебаниями температуры, сформировали современный рельеф района.

Вулканы групп Большого Семячика и Малого Семячика расположены преимущественно в полосе, ограничивающей дол от его склона к океану, т. е. они в большинстве случаев приурочены к перегибу плато в его склон. Упомянутые вулканы представляют собой две достаточно резко обособленные группы вулканических образований, расположенные на одном слабохолмистом вулканическом плато, но разделенные каньонообразными долинами рек Старый Семячик и Новый Семячик.

Из них группа вулканов Большого Семячика представляет особо сложную вулканическую систему. Она ограничена с северо-запада и запада

р. Старый Семячик, с севера — долом между верховьями рек Старый Семячик и Ольховая (Пятая речка), с северо-востока и востока — р. Ольховой (Пятой), с юго-востока — Кроноцким заливом и с юга — лагуной р. Семячик.

В северной части этой системы расположены следующие вулканические аппараты: Большой Семячик (Зубчатый), Центральный Семячик и его куполоподобные образования (фиг. 13), включая сюда и вулкан Проблематичный, конус Иванова, вулканы Попкова и Кулакова, Восточный Бараний, Западный Бараний и Плоско-Кругленький.

В южной части района расположены вулканы Малый Семячик, Ступенчатый бастион, Березовый (Двойной), Северный Прибрежный, Южный Прибрежный и остатки вулкана Стена.

Все эти вулканы групп Большого и Малого Семячика приурочены к общей для Камчатки полосе разломов северо-восточного направления, но, кроме этого общего тектонического направления, наблюдается в этой полосе и местная (локальная) тектоника, которая в одних случаях выражена расположением вулканических образований по параллельным линиям, совпадающим с общим и главным направлением разломов, а в других случаях по линиям иных направлений.

Так, большая часть вулканических образований Центрального Семячика расположена по пяти грубопараллельным линиям северо-восточного направления. По всей вероятности, этим линиям соответствуют и разломы, происшедшие по этим направлениям.

О разломах других направлений свидетельствуют вулканические образования, расположенные по другим линиям. Так находятся купола, расположенные и по северо-западной линии (от купола «со щитом» и от купола «с пемзой»).

Кроме упомянутых образований, ряд более крупных вулканов (Попкова, Восточный Бараний и Кулакова) расположены по меридиональному направлению.

Несколько обособленно расположены вулканы Бурлящий — к северу от восточной части Центрального Семячика, Западный Бараний — к западу от Восточного Бараньего и Плоско-Кругленький — к западу от вулкана Попкова.

4. ВУЛКАНИЧЕСКИЕ ОБРАЗОВАНИЯ, ИХ ФОРМА И СТРОЕНИЕ

ГРУППА ВУЛКАНОВ БОЛЬШОГО СЕМЯЧИКА

Вулкан Большой Семячик

В группе вулканов Большого Семячика вулкан Большой Семячик расположен в северо-восточном углу. Площадь, занимаемая им, равняется около 18 км². Вулкан поднимается на южном склоне с высоты примерно 750 м и до 1540 м. Скалистые же пики в центральной части его поднимаются выше и достигают высоты около 1720 м. С западной стороны от Большого Семячика течет с севера на юг Первая речка, начинающаяся двумя ручьями на перемычке между Центральным Семячиком и Большим Семячиком и в юго-западном цирке последнего. Северо-западный склон Большого Семячика встречается со склонами вулкана Бурлящего, а часть западного—со склоном Центрального Семячика. Во всех остальных местах его склоны поднимаются со слабохолмистой поверхности дола, окаймленного с северной, северо-восточной и восточной сторон р. Ольховой (Пятой речкой).

Вулкан Большой Семячик сильно разрушен процессами выветривания и эрозии и особенно деятельностью ледников, в результате которых на теле вулкана образовалось шесть цирков, из которых четыре расположены на восточной половине вулкана.

Большой Семячик первоначально представлял собой крупный конусообразный вулкан высотой около 3 км. В последующее время цирки весьма сильно внедрились в тело вулкана, срезав в верхних частях друг друга, и в настоящее время последние, т. е. верхние части их, отделены друг от друга относительно тонкими зубчатыми (как в плане, так и в разрезах вдоль и поперек стен) перемычками. Различные по высоте и по объему скалистые пики образуют дуги, окаймляющие цирки.

Эти огромные скалы — пики (карлинги) на вершинах стен цирков придают вулкану суровый, дикий, но в то же время величественный и прекрасный вид.

Наличие этих скал-зубьев на вершине вулкана объясняет местное название Большого Семячика — вулкан Зубчатый (фиг. 14).

Современная вершина Большого Семячика представляет собой зубчатую стенку, разделяющую собой цирки, и имеет общий вид в плане дугообразной кривой, похожей на кривую знака вопроса. Длина этой стенки-вершины около 3,5 км.



Фиг. 14. Северо-северо-западный цирк Большого Семячика. Фото Е. Ураткова.

Наличие больших цирков с высокими стенками значительно помогает изучению строения вулкана и выявлению типа его деятельности.

Большой Семячик сложен из периклинально залегающих, перемежающихся слоев базальтовой лавы и пирокластического материала и, таким образом, является стратовулканом.

Юго-западный цирк. Юго-западный цирк представляет собой дугообразную выемку площадью около $0,5 \text{ км}^2$ (длина 1 км и ширина в среднем 0,5 км). С южной стороны к нему примыкает относительно небольшой ложкообразный боковой цирк, или кар, с которого спускается небольшой висячий ледник. Дно юго-западного цирка также покрыто ледником, но более мощным, чем в боковом каре. В последнем ледник оканчивается у входа в цирк.

Стенки цирка сложены очень крутыми скалами, местами отвесными, местами фантастически изломанными, а в общем похожими на крутые ледорезы. Высота этих скал — до 0,5 км над дном цирка.

Эти скалы, окрашенные в буро-желтые, кирпично-малиновые, серые и темно-серые, почти черные цвета, сложены из вулканических туфобрекчий с прослойками лавы. Лавы в стенках цирка не только залегают периклинально, но некоторые из них и вулканические туфобрекчии под разными, но преимущественно крутыми, а иногда и вертикальными (прямыми) углами.

В южной части цирка падение лавовых прослоек и вулканических туфобрекчиевых слоев — к югу. В восточной части — падение к югу и юго-востоку, а в северо-западной части цирка — к северо-западу.

Северо-северо-западный цирк. Северо-северо-западный цирк представляет собой подковообразную выемку размерами около $0,5 \text{ км} \times 1 \text{ км} = 0,5 \text{ км}^2$. Цирк окаймлен, особенно в южной своей части, высокими, очень крутыми, местами почти отвесными скалами. На дне цирка расположен ледник, который, несколько расширяясь у своего конца, оканчивается на пиши, соединяющей места слияния бортов цирка с долом. Ледник рассечен поперечными трещинами (по наблюдениям 1946 г.). В 1947 г. он был покрыт снегом, который до сентября еще не растаял,

Скалы, окаймляющие северо-северо-западный цирк, окрашены в общем в те же цвета, в какие окрашены скалы юго-западного цирка, т. е. буро-желтый, желтый, кирпично-малиновый, серый и темно-серый, но центральные скалы южной стенки северо-северо-западного цирка имеют еще более светлые цвета, из которых преобладают светло-малиновый и почти белый, слегка серовато-желтоватый. Скалы сложены лавами и вулканическими туфобрекчиями. Падение их в восточной стенке цирка — к северу, в западной стенке, в северной ее части — к северо-западу, а в южной ее части — к западу. В юго-восточном углу цирка падение лав и пирокластических образований неясное, в южной стенке — крутое, почти отвесное к югу.

Из сопоставления этих падений с падением лав и вулканических туфобрекчий в юго-западном цирке вытекает, что вулканический канал Большого Семячика находился примерно на месте стенки, разделяющей эти два цирка, и ближе к северо-северо-западному цирку. Это мнение подтверждается не только упомянутыми направлениями падения лав, но отчасти также и более светлой окраской пород, слагающих центральную часть южной стенки северо-северо-западного цирка. Эти светлые породы возникли, по всей вероятности, в результате сольфатарного воздействия на лавы и вулканические туфобрекчии, залегавшие вблизи вулканического канала, по которому и подымались фумарольные газы.

Восточные цирки. Вся восточная часть Большого Семячика изрезана соприкасающимися друг с другом большими и глубокими цир-

ками. Общая длина западных (задних) стенок этих цирков — около 3 км. Они представляют собой не прямую линию, а слегка дугообразную, в средней своей части несколько выпуклую к востоку.

Первый (считая с юга) восточный цирк Большого Семячика врезался в юго-восточный склон вулкана и поглотил его почти целиком. Южное его крыло сравнительно низкое. Западная стенка быстро повышается к северу и достигает стенки следующего, второго восточного цирка. От последнего первый цирк отделен гребнеобразным крылом, которое является в одно и то же время северным крылом первого цирка и южным крылом второго цирка. Южная половина первого цирка более сохранилась и представляет собой типичную слоистую стенку стратовулкана. Западная же часть сложена в верхней половине из остроконечных скал.

Второй восточный цирк имеет только в верхней части слегка вогнутую к западу высокую скалистую стенку. Нижняя же ее часть выпукла к востоку. Крылья этого цирка, как южные, так и северные, относительно низкие. Стенки их крутые, часто отвесные. Вершинный гребень западной стенки этого цирка скалистый.

Ось первого цирка направлена прямо на восток, т. е. имеет азимут 90° , а ось второго цирка — азимут 80° .

Ко второму цирку с севера примыкает третий восточный цирк, который имеет общий гребень со вторым цирком. Ось третьего цирка направлена по азимуту 60° . Западная стенка третьего цирка скалистая. Очень эффектно северное крыло этого цирка. Его западная часть начинается высоко, на уровне вершины западной стенки в виде заостренных по направлению к западу гигантских ступеней кирпично-красного и стального цветов. Вся западная часть этого крыла резко выделяется этими цветами среди других красок скал остальных стенок цирка.

С третьим цирком соприкасается с севера четвертый восточный цирк, ось которого направлена на северо-восток по азимуту 40° . Задняя его стенка такая же скалистая, как и предыдущие.

Залегания лавовых потоков и слоев вулканической туфобрекчии в цирках восточного склона Большого Семячика следующие: в первом цирке — к югу и юго-востоку; во втором цирке — в южной части — к юго-востоку, в северной части и северном крыле — к востоку; в третьем цирке — в южной части западной стенки, на самом ее верху, — к юго-востоку, а в стенке северного крыла — к северо-востоку и в четвертом цирке — в западной стенке и северо-западном крыле — к северу.

Таким образом, судя по этим залеганиям, вулканический канал был к западу от средней части третьего цирка.

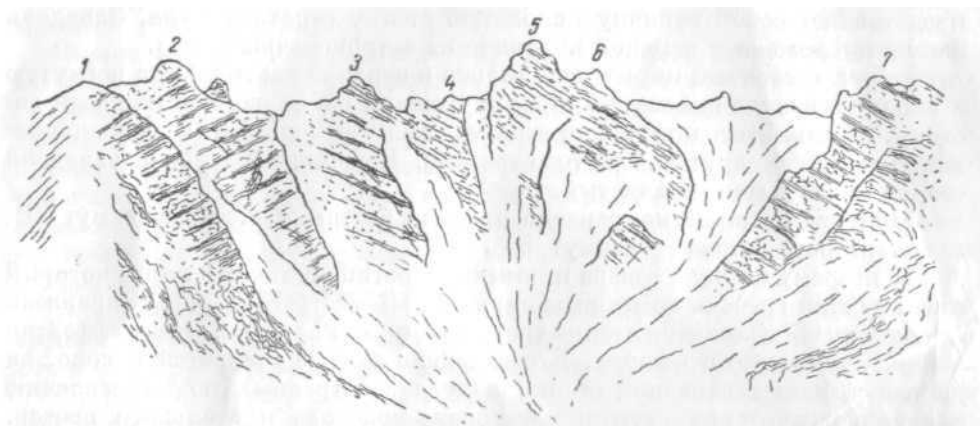
Эти данные согласуются с данными по залеганию лав в юго-западном и северо-северо-западном цирках, и таким образом можно говорить, что вулканический канал Большого Семячика был между северо-восточной частью стенки юго-западного цирка, южной и юго-восточной частями северо-северо-западного цирка и западной частью третьего восточного цирка.

Касаясь еще цирков восточной стороны Большого Семячика, следует отметить, что второй и третий цирки внедрились дальше первого и четвертого в тело вулкана и что стенки цирков достигают наибольшей (относительной и абсолютной) высоты у стенки третьего цирка, где ее относительная высота около 0,5 км. В южную сторону скалы понижаются и в первом цирке они имеют относительную высоту около 300 м.

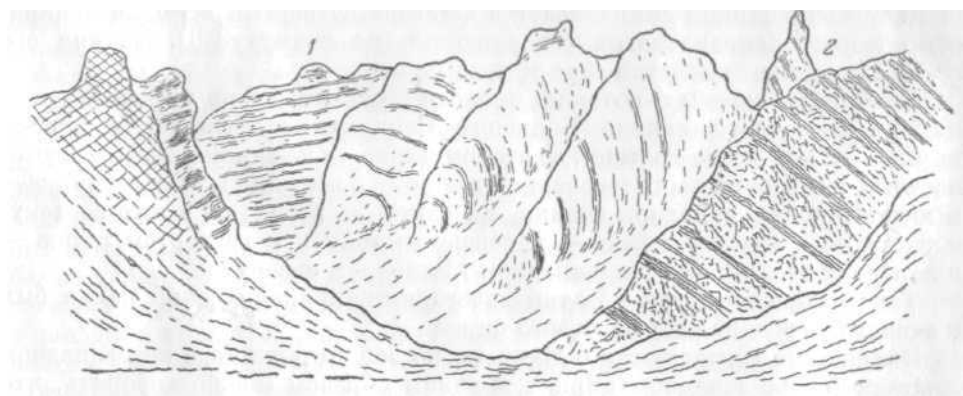
Межцирковые склоны. Склоны вулкана Большой Семячик между цирками представляют собой более сохранившиеся остатки (части) конусообразного тела вулкана. Такими наиболее сохранившимися остатками являются западно-северо-западный и южный склоны вулкана. На

западо-северо-западном склоне плотный лавовый поток и россыпь лавы, покрывающая этот поток, предохраняли и предохраняют склоны вулкана лучше, чем обнажавшаяся в других местах механически слабая вулканическая туфобрекция.

Сравнительно хорошо сохранился южный склон вулкана, но и здесь неумолимый процесс выветривания и сноса производит свое дело разрушения. Так, в юго-западной части этого склона уже образовался относительно неглубокий корытообразный, или скорее амфитеатроподобный, пологий кар, а на собственно южном склоне несколько неглубоких оврагов-ложбинок, будущих барранкос.



Фиг. 15. Юго-западный цирк Большого Семячика (цифрами обозначены разрезы).



Фиг. 16. Северо-северо-западный цирк Большого Семячика (цифрами обозначены разрезы).

Сохранился также небольшой склон вулкана между северо-северо-западным и четвертым восточным цирками, но все эти сохранившиеся склоны занимают небольшое пространство по сравнению с пространством, занятым цирками.

Таким образом, первоначально высокий конусообразный вулкан, образовавшийся в результате чередующейся эффузивной и эксплозивной деятельности, в настоящее время в значительной мере разрушен.

О характере вулканической деятельности Большого Семячика. Благодаря хорошей обнаженности в цирках Большого Семячика можно было выявить роль излившихся лав и

выброшенного вулканического рыхлого материала в строении вулкана и отчасти выяснить характер его вулканической деятельности.

Был применен метод подсчета относительных количеств лав и вулканических туфобрекчий, примерно аналогичный подсчету количественно-минералогического состава по методу Розиваля.

Были подсчитаны при помощи миллиметровой линейки, отстоящей от глаза на расстояние вытянутой руки, относительные мощности лавовых потоков и прослоев вулканических туфобрекчий. Конечно, лучшие результаты получатся, если применять бинокль с делениями на стекле.

В юго-западном цирке были произведены подсчеты по семи разрезам (фиг. 15), в северо-западном цирке — по двум разрезам (фиг. 16) и по одному разрезу в первом, втором и третьем цирках восточного склона.

Результаты получились следующие (табл. 1):

Таблица 1

Цирки	Юго-западный								Северо-северо-западный			Восточные				Всего по вулкану	
	1	2	3	4	5	6	7	итого	1	2	итого	1	2	3	итого	число делений	%
Лавы	18	32	25	22	27	40	26	190	63	86	149	14	45	27	86	425	33,6
Вулканические туфобрекчий	162	125	55	34	62	19	40	497	48	158	206	24	45	69	138	841	66,4

Подобные измерения относительных мощностей лав и вулканических туфобрекчий дают некоторую цифровую характеристику роли излияния лав и эксплозивных извержений в жизни данного вулкана.

Как видно из табл. 1, для всего вулкана на лавы приходится 425 делений, а на вулканическую туфобрекцию — 841 деление, т. е. эксплозивных продуктов было в 1,98, или, округляя, в 2 раза больше, чем эффузивных.

Вулкан Центральный Семячик и его купола

Центральный Семячик представляет собой очень сложное вулканическое сооружение, или, правильнее, ряд вулканических сооружений, возвышающихся на сравнительно малой площади, равной около 40 км².

По рельефу эти вулканические сооружения представляют собой целую горную микространу.

Центральный Семячик состоит не менее чем из 18 вулканических сооружений, которые в плане образуют как бы ромб. Среди них преобладают куполообразные образования.

Если смотреть с вершины западно-северо-западного склона Большого Семячика, то видны вся северная половина вулканических образований Центрального Семячика и часть южной его половины.

На первом плане возвышается восточная часть купола, расположенного на северном конце гребня северного кратера вулкана, который будем называть собственно Центральным Семячиком. Западная часть купола срезана кратером. За северным кратером к югу находится второй — южный

кратер этого же вулкана. В западной — юго-западной части южного кратера возвышается вулканическое сооружение — купол «со щитом» — состоящее из трех куполообразных образований. За этим сооружением к западу находятся следующий купол «с пемзой» и примыкающий к нему с северо-запада отрог с несколько заостренной вершиной.

К западу от упомянутого купола расположен эффузивный купол Корона с лавовым потоком.

К северу от купола Корона и к северо-западу от купола «с пемзой» у их подошвы расположен довольно крутой конусообразный вулкан Иванова. Этот вулкан отделен от предыдущих вулканических сооружений узкой долиной, идущей к Плоско-Кругленькому вулкану.

Следует отметить еще одно вулканическое образование (пологий куполообразный холм), расположенное в северной части северного кратера собственно Центрального Семячика. Происхождение этого образования неясно. Возможно, это самостоятельное образование, но вероятнее — остатки северного склона собственно Центрального Семячика.

Южная половина Центрального Семячика отделена от северной с восточной стороны ручьем Кислым, начинающимся у перемычки (соединяющей купол «с пемзой» с Пирамидальной вершиной, находящейся к югу от купола), текущим на восток и впадающим в Первую речку, и с западной стороны — ручьем Западным, берущим начало на западном склоне упомянутой перемычки и текущим на запад-юго-запад по направлению к р. Старый Семячик.

В южной половине Центрального Семячика расположены: в юго-юго-западной части — его полностью не выясненное вулканическое образование — вулкан Проблематичный, отделенный дугообразной долиной от крутого Южно-центрального купола. К последнему в северо-восточной его части примыкают с севера небольшая увенчанная скалами Пирамидальная вершина, в с востока отделенный от него оврагом, идущим в южном направлении, сглаженный хребтик, покрытый делювиальными и элювиальными образованиями, за исключением северо-западной части, где еще сохранились лавовые скалы.

Этот относительно гладкий хребтик очень круто спускается к югу и относительно круто к северо-западу. К востоку он сменяется нагромождениями и глыбами довольно хорошо сохранившегося лавового потока Ежа, расположенного вдоль южного берега ручья Кислого.

Вулканические образования — Южно-центральный купол, хребтик Перемычка и западная часть скалистого потока Ежа окаймлены упомянутой дугообразной долиной (атрио), начинающейся у Пирамидальной вершины и оканчивающейся у хребтика Перемычка между скалистым потоком Ежа и куполом Черным. Юго-восточнее этих вулканических образований и долины (атрио) расположены последовательно куполообразные вулканические образования: купол «с кратером», к нему, с северо-востока примыкает однобокий или с небольшим лавовым потоком эффузивный купол Черный, а за ним возвышается высокий купол Крутой.

К юго-востоку от купола с кратером, Черного и Крутого находятся два более низких купола (Овальные), вытянутых почти параллельно упомянутым куполам и имеющих в плане эллипсоидальную форму, и купол Скалистый с отложениями горячих туч.

Собственно Центральный Семячик

Собственно Центральный Семячик представляет собой базальтовый разрушенный двухкратерный смешанный вулкан, один кратер которого располагается в северной, а другой — в южной части вулкана.

Измерения относительных мощностей лав и вулканических туфобрекчий, слагающих собственно Центральный Семячик (подобные измерения, проведенным для Большого Семячика), показали, что эксплозивных продуктов было в 2,5 раза больше, чем эффузивных, или эффузивная деятельность дала 31% лав, а эксплозивная — 69% пирокластических пород.

Южный кратер окаймлен с востока и северо-востока крутой, почти отвесной стеной, а с севера—относительно пологим гребнем, состоящим из россыпи лавы и из редко торчащих, сравнительно небольших, скал.

Края южного кратера сохранились только в восточной, северной и северо-западной сторонах кратера. С западной стороны вместо гребня кратера возвышается прорвавшийся здесь купол «со щитом» [69/46],



Фиг. 17. Серные бугры в южном кратере Центрального Семячика. Фото Е. Ураткова.

а в южном направлении стенки кратера нет; она разрушена, размыта и снесена. Южной границей кратера является Кислый ручей. На восточном краю кратера, на внешнем склоне, значительная амфитеатроподобная выемка — карр, открытый к югу.

Дно южного кратера, так же как и северного, постепенно понижается от разделяющего их гребня. У первого дно понижается к югу, а у второго—к северу. Абсолютные высоты их примерно от 900 до 1000 м.

На дне южного кратера, особенно в его северной и северо-восточных частях, расположены сольфатары, температура которых достигала в 1946—1947 гг. 90°. Кроме действующих сольфатар, много бездействующих — потухших. Морфологически как первые, так и вторые представляют собой небольшие бугры, сложенные серой и слегка прикрытые песком (фиг. 17).

Дно кратера изрыто радиальными, или скорее веерообразными оврагами, идущими от стенок кратера к куполу «со щитом» [69/46]. Вблизи щита они как бы сходятся в один овраг, идущий далее на юг и впадающий в ручей Кислый.

Северный кратер собственно Центрального Семячика открыт к северу и окаймлен гребнем с востока, юга и юго-запада. В северной его части

находится сравнительно невысокий пологий холм, покрытый лавами, очень похожими на лавы с гребня, отделяющего северный кратер от южного. Является ли этот холм остатком северного склона собственно Центрального Семячика или он представляет самостоятельное куполоподобное образование, осталось невыясненным. Скорее всего это сглаженный остаток собственно Центрального Семячика.

Дно северного кратера усеяно, как и дно южного, оврагами и хребтиками между ними, спускающимися в сторону ручьев. Главный ручей начинается в юго-восточной части северного кратера. К нему присоединяется ручей, текущий с севера, с восточного склона упомянутого пологого холма. Вскоре после соединения ручей вытекает на сольфатарную площадку, представляющую собой дно небольшой котловинки, к которой со всех сторон спускаются овраги и хребтики. По одному из таких оврагов, идущему с запада, протекает небольшой короткий ручеек с «черной» водой, вытекающей из Черного озера. Ниже впадения его в главный ручей последний поворачивает с западного направления на северное и вскоре вытекает из окаймляющих и окружающих его голых, без всякой растительности, кремового цвета хребтиков и оврагов в относительно широкую летом травянистую зеленую долину.

Второй, более значительный ручей, начинаясь в южной части северного кратера, спускается к Черному озеру, но не впадает в него, а протекает мимо с южной его стороны. Далее этот ручей течет мимо так называемых серных котлов и, принимая затем северо-западное направление, вскоре вытекает, так же как и предыдущий, в широкую плоскую долину. Этот и предыдущий ручьи, а также еще ряд ручьев сливаются в упомянутой долине и образуют верховье р. Старый Семячик.

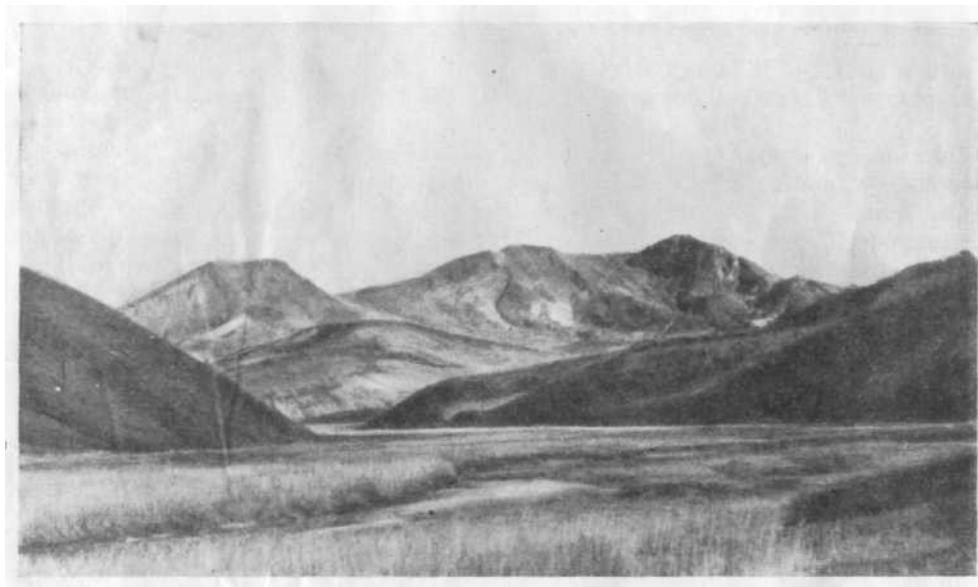
Следует отметить, что лавы и рыхлый вулканический материал, из которых было сложено дно северного и южного кратеров, а также вышеупомянутый щит первоначально были темного цвета (цвета первоначальных пород), но затем под сольфатарным воздействием, как об этом будет сказано подробнее в дальнейшем, изменили свой состав и превратились преимущественно в глинистое вещество от светло-желтого до почти белого и от оранжево-желтого до темно-коричневого цвета и в глину голубовато-серого цвета, переполненные местами кристаллами гипса длиной до 2—3 см и реже более. Гипс встречается здесь чаще всего в виде отдельных кристаллов, но наблюдается также в виде конкрециоподобных скоплений (желваков) и в виде единичных (редких) жил мощностью 15—20 см.

В северном кратере, в его северо-западной части, расположено Черное озеро, из которого вытекает упомянутый выше черный ручеек. Это озерко, вытянутое с севера на юг, размером 30 х 15 м расположено в котловине, окруженной оранжево-желтыми хребтиками (сложенными преимущественно из глинистого материала), круто спускающимися к озеру, причем самый высокий находится с западной стороны, а самый низкий — с южной.

Полукупол

На восточном крыле северного кратера собственно Центрального Семячика подымается куполообразное сооружение андезито-дацитового состава (фиг. 18). Его восточная половина имеет форму достаточно крутого на юго-восток и менее крутого на северо-восток купола, покрытого травяным покровом и осыпями андезито-дацитовых глыб; западной же половины нет. Западная часть купола ныне представляет крутой обрыв, совпадающий с краем кратера. Вся эта часть купола разрушена скорее всего обрушением в северный кратер. Крупные глыбы осыпи покрывают теперь внутреннюю восточную стенку кратера под куполом. Между глы-

бами осыпи в некоторых местах видны слоистые образования, состоящие из лавовых потоков и отложений пирокластических пород собственно Центрального Семячика, падающих в этом месте к северу и северо-востоку. Таким образом, купол залегает на склоне и на породах собственно Центрального Семячика. Стенка же обрыва купола представляет собой сплошную лавовую массу без видимых потоков. По всей вероятности, лава была выжата, и вследствие того, что она была достаточно вязкой, образовался сравнительно крутой купол без ясно заметных следов внутреннего строения. Его можно отнести к типу массивных куполов.



Фиг. 18. Северный кратер Центрального Семячика и полукупол. Фото Е. В. Ястребова.

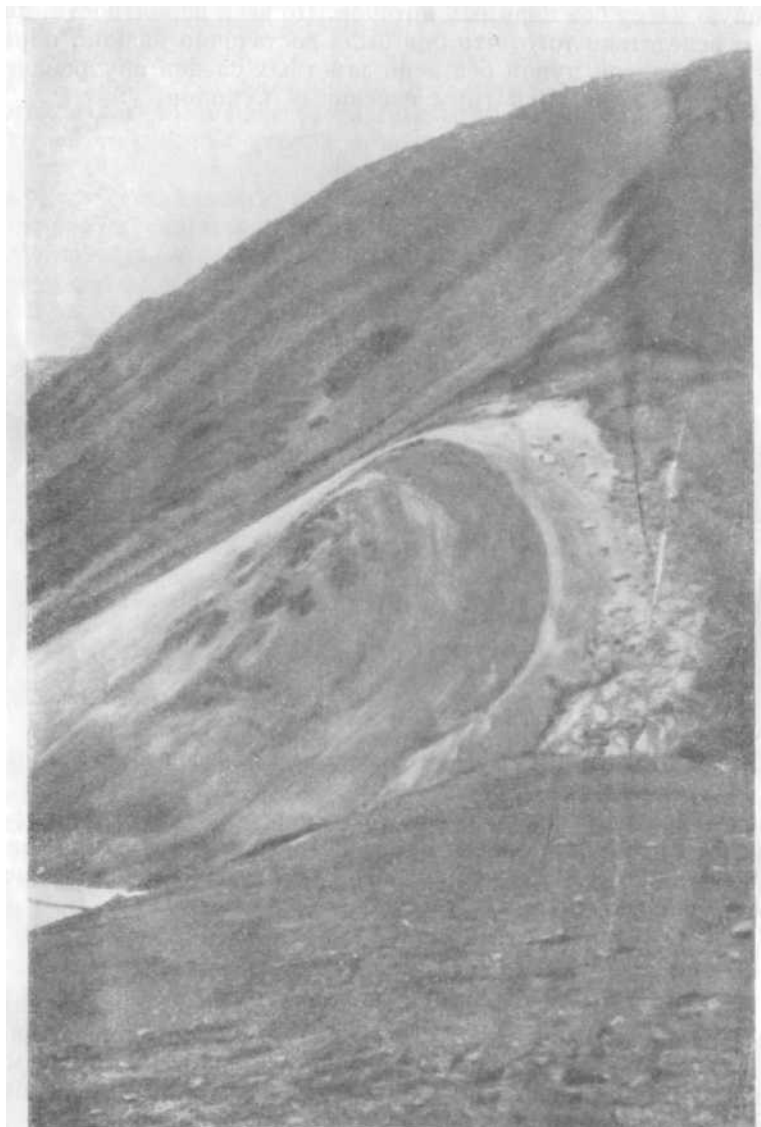
Большая крутизна юго-восточного склона полукупола по сравнению с северо-восточным объясняется прорывом на склоне вулкана, вследствие чего выжатая лава больше сползала по склону вниз, чем подымалась вверх. Это обусловило несколько однобокую форму полукупола.

Купол «со щитом» и его ряд

Этот ряд состоит из трех куполов, слившихся своими основаниями друг с другом и расположенных по линии северо-западного простираения. Из них юго-восточный купол «со щитом» является наиболее крупным и самым высоким в этом ряду, а северо-западный — самым низким. Средний купол занимает промежуточное положение по высоте и объему.

В нижней части самого высокого купола, на склоне в сторону южного кратера собственно Центрального Семячика, резко выделяется на темно-сером фоне андезита, слагающего купол, зонально окрашенное пятно, имеющее форму щита, высотой около 50 м [фиг. 19]. В центральной части этого пятна обнажается ряд небольших скал. Вся же остальная часть пятна сложена из бывшего вулканического рыхлого материала, измененного под влиянием сольфатарного воздействия и взаимодействия с веществом скал. В результате этого процесса цвет этого материала из серовато-черного изменился до буро-коричневого (цвет сепии) в центральной части щита и до почти белого на его периферии.

Этот купол «со щитом» имеет достаточно крутые склоны с относительно гладкой поверхностью как склонов, так и вершины, покрытых россыпью андезитовых глыб в северо-восточной его части. В южной же части этого купола вершина как бы срезана наклонно к югу и склоны относительно



Фиг. 19. «Пятно» на восточной части купола «со щитом».
Фото Е. Ураткова.

более изрезаны и отчасти скалистые. По-видимому, этот срез объясняется постепенно убывающей высотой скал, выжатых во время формирования купола, и затем образовавшейся на их месте россыпью, сравнявшей выступы скал.

На вершине и на склонах видны только россыпи и осыпи сравнительно крупных андезитовых глыб. Неясным осталась принадлежность пород,

находящихся в нижней части купола и щита. Возможно, что они относятся к телу самого вулкана собственно Центральный Семячик.

С северо-запада к куполу «со щитом» примыкает купол, имеющий округлую — куполовидную вершину, покрытую россыпью глыб и более мелкого рыхлого материала. Такую же форму и такой же характер обнажений имеет и третий купол, самый низкий в этом ряду. Все они, по всей вероятности, формировались как экструзивные скалистые купола.

Купол «с пемзой» и его ряд

К западу от купола «со щитом» расположены купол «с пемзой» и примыкающий к нему с северо-запада отрог, имеющий несколько заостренную вершину.

Вершина купола имеет округлую поверхность, но несколько вытянутую в направлении с юго-востока на северо-запад. Вершина и склоны купола покрыты крупными и мелкими глыбами андезита. На самой вершине изредка встречаются глыбы пемзы размером до 40 см в поперечнике.

Вопрос о происхождении этой пемзы остался неразрешенным. Быть может, извержения купола Корона или Скалистого начались взрывами и первые порции были значительно более кислые, чем затем выжатые и излившиеся лавы, а может быть, были заброшены во время извержения из более отдаленных вулканов.

Заостренная вершина, примыкающая с северо-запада к куполу «с пемзой», также, по-видимому, куполоподобное образование, но более скалистое, чем первое. Возможно, в последнем был выжат обелиск, который, разрушившись, дал заостренную форму этому куполу.

Купол «с пемзой» формировался, вероятно, так же как и предыдущие, т. е. выжимались отдельные скалы, затем верхние части их обваливались, заполняя промежутки между скалами, и, таким образом, создавалась округлая и относительно более гладкая поверхность вершины купола.

Восстанавливая первоначальную морфологию этих куполов, можно сделать заключение, что они формировались как экструзивные скалистые купола.

Купол Корона

К западу от купола «с пемзой» расположен эффузивный купол Корона представляющий собой скалистую вершину, окаймленную с востока и юго-запада скалистым же лавовым валом, напоминающим в миниатюре вулкан типа сомма — везувий с сильно срезанным центральным куполом. Скалы вала, по-видимому, являются останцами от первоначально выжатого купола, прорванного затем в центральной его части вторым, ныне существующим куполом. Вероятнее всего вершина купола занимала первоначально большую площадь, окаймленную сохранившимся упомянутым валом, потом, возможно, образовался кратер оседания, и, наконец, был выжат в центральной части кратера новый скалистый купол меньшего диаметра. Вершина последнего представляет собой хаотическое нагромождение глыб и скал лавы, от которой круто спускается на запад на протяжении около 1 км свежий на вид андезито-базальтовый лавовый поток с торчащими по всему потоку кекурами разнообразной величины и формы. Шлаковая корка на них еще не отпала, но сами кекуры уже слегка сглажены. Излияние этого потока произошло относительно недавно и является вулканическим лавовым образованием в системе Центрального Семячика, возникшего, по всей вероятности, в результате одного из последних извержений.

Купол Корона является экструзивно-эффузивным образованием, и его можно отнести к типу экструзивно-эффузивных скалистых куполов с лавовым языком.

Южно-центральный купол

Южно-центральный куполом начинается следующий ряд куполов Центрального Смячика.

Дугообразная долина отделяет с северо-запада, запада и юга типичный, с достаточно крутыми склонами, Южно-центральный купол от Проблематичного вулкана.

Купол имеет в разрезе округлую, а в плане несколько продолговатую (овального очертания) вершину, которая понижается к северу и соединяется сравнительно небольшим седлом с Пирамидальной вершиной. С северо-восточной стороны крутой овраг отделяет его от куполоподобного образования — Перемычки.

Вершина сложена из россыпи крупных и мелких глыб андезита, благодаря чему она имеет сглаженную округлую форму. Формировался этот купол, видимо, целым рядом выжиманий только что отвердевшей лавы, появлявшейся на земной поверхности в виде скал. Таким образом, и этот купол можно отнести к типу экструзивных скалистых куполов.

Хребтик Перемычка

Хребтик Перемычка расположен между Южно-центральный куполом и находящимся к северо-востоку куполом Еж. С северо-западной стороны его границей служит ручей Кислый, а с южной — юго-юго-восточная часть дугообразной замкнутой долины (атрио).

Перемычка представляет собой сглаженный скалистый хребтообразный андезитовый купол, скалы которого сохранились преимущественно на повышенных участках его вершины в особенно в западной его части. В остальных местах он покрыт россыпью мелких обломков лавы. К северо-востоку Перемычка понижается до неглубокой, с относительно пологими склонами, поперечной долинки, отделяющей ее от купола Еж.

В юго-западной части хребтика Перемычка к северо-западу от него расположена небольшая по площади, объему и высоте, отчасти скалистая вершина пирамидального облика. Скалы этой вершины, да и вся вершина являются, по-видимому, остатком выжатого сбоку хребтика Перемычки обелиска, и вся вершина представляет собой небольшое экструзивное скалистое образование пирамидальной формы.

Купол Еж

Вулканическое сооружение Еж, в противоположность предыдущим куполам, за исключением купола Корона, обладает хорошо сохранившимся, еще достаточно свежим лавовым потоком. Место излияния его расположено вблизи упоминавшейся поперечной долинки, отделяющей его от Перемычки, в которой, кстати сказать, были обнаружены куски лавы, измененные воздействием сольфатар, и кусочки серы.

Выжимавшаяся из жерла купола Еж лава продвигалась к юго-востоку вдоль р. Кислой, затем место излияния последних порций этой лавы несколько переместилось к югу, причем образовавшийся лавовый язык как бы вырыл род ложбины, выпавав при этом по своим северо-восточному и юго-западному краям продольные «овраги». Лава передвигалась по этой пологой ложбине, а затем довольно круто спустилась почти к подошве массива, покрыв собой туфобрекчиевые вулканические образования

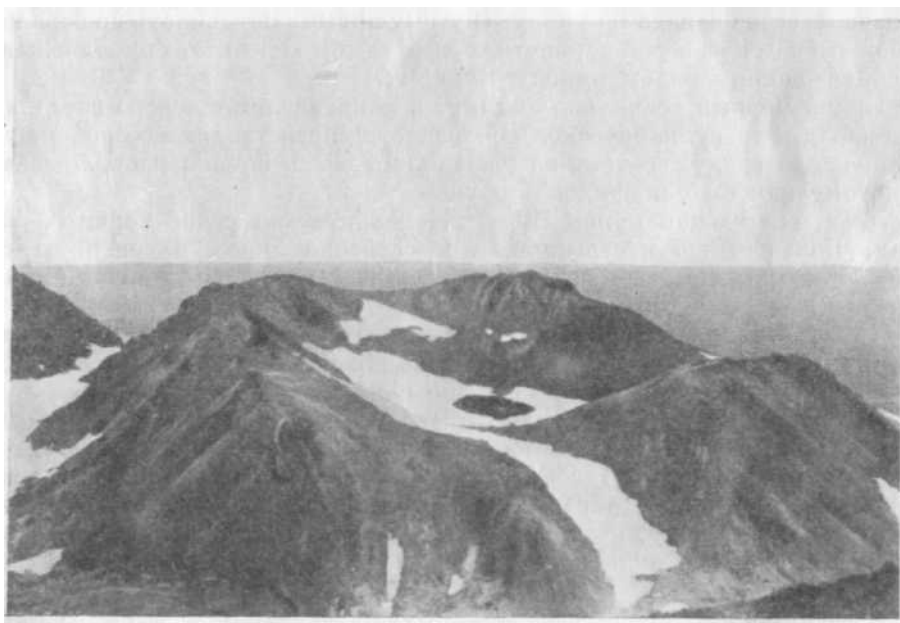
собственно Центрального Семячика, обнажающиеся у уровня р. Кислой и на Юго-восточном конце обнажения. Общие контуры этого лавового потока напоминают несколько раздваивающийся язык длиной около километра. Сам лавовый поток представляет собой местами довольно правильные, поперечные потоку скопления глыб и скал. Эти нагромождения лавовых скал самых разнообразных и причудливых форм имеют некоторое сходство с валами или с рядами идущих одна за другой волн, но только с оговоркой, что продольный и поперечный контуры каждой такой лавовой волны не отличаются плавностью линий, а, наоборот, представляют собой очень сильно изрезанную линию.

Ряды таких лавовых волн находятся в северо-западной части потока и особенно хорошо и ярко выражены в средней его части. В юго-восточной же конечной его части эти поперечные потоку лавовые нагромождения менее заметны.

Это вулканическое образование представляет собой бескратерный андезито-базальтовый лавовый поток, или лавовый язык.

Купол «с кратером»

Параллельно описанным вулканическим куполам — Южно-центральному, Перемычке и Ежу к юго-востоку от них находится еще ряд вулканических аппаратов, составляющих новую линию куполов Центрального Семячика. В нее входят купол «с кратером», Черный и Крутой купола.



Фиг. 20. Купол «с кратером». Фото Е. Ураткова

Купол «с кратером» расположен непосредственно к северо-востоку от восточного края вулкана Проблематичный. С южной и юго-западной сторон этот купол высоко и круто подымается над долиной ручья, текущего из дугообразной долины (фиг. 20); с северо-западной стороны от него находится дугообразная долина, а с северо-восточной стороны он тесно соприкасается со следующим куполом — Черным.

Купол «с кратером» в верхней своей части сложен скалами полосчатого андезитового, близкого к андезито-дацити состава, которые образуют род несплошного гребня, окаймляющего кратер. Кратер достаточно глубокий, так что вряд ли он образовался в результате оседания последних порций выжимавшейся лавы. Вероятнее всего, выжимание лавы закончилось взрывом, выбросившим относительно небольшое количество лавы, в результате которого и образовалась наблюдаемая и ныне впадина-кратер. Однако полной уверенности в этом нет. Возможно, что это кратер оседания. Лавовых потоков у этого купола нет. Также нет и пирокластических образований, которые скатились бы (если бы и были) и не могли бы отложиться на его крутых склонах. Таким образом, этот купол можно отнести к экструзивно-эксплозивным вулканическим сооружениям.

Купола Черный и Крутой

Ближайшими к северо-востоку от купола «с кратером» расположены купола Черный и Крутой (фиг. 21). Склоны купола Крутого значительно круче, чем Черного, а с восточной стороны почти отвесные, образовавшиеся частично в результате разрушения и обвалов глыб лавы с верхней, части склона.

Нижняя часть вершины купола Крутого сложена зеленовато-серым андезитом. На вершине его залегает брекчиевое образование, сложенное, по-видимому, из того же материала, что и сам купол. С юго-запада и северо-запада к куполу Крутому примыкают, вплоть до вершины, а может быть и на вершине, почти черные глыбы андезита, принадлежащие расположенному рядом куполу Черному.

Купол Черный несколько вытянут в направлении с северо-востока на юго-запад. Это вулканическое образование, представляющее собой куполообразную гряду, состоит из нескольких очень близко расположенных и потому как бы слившихся куполов.

Лава, слагающая купол Черный, сравнительно редко торчит в виде скал. Большая же часть купола и особенно склон в северную сторону, покрыты осыпями из крупных глыб темно-серого, почти черного-андезита-.

С севера и северо-запада гряду отделяют от Ежа и Перемычки узкая долина и круглая по форме впадина, на дне которой 25 июля 1947 г. находилось голубое озеро, еще частично покрытое льдом.

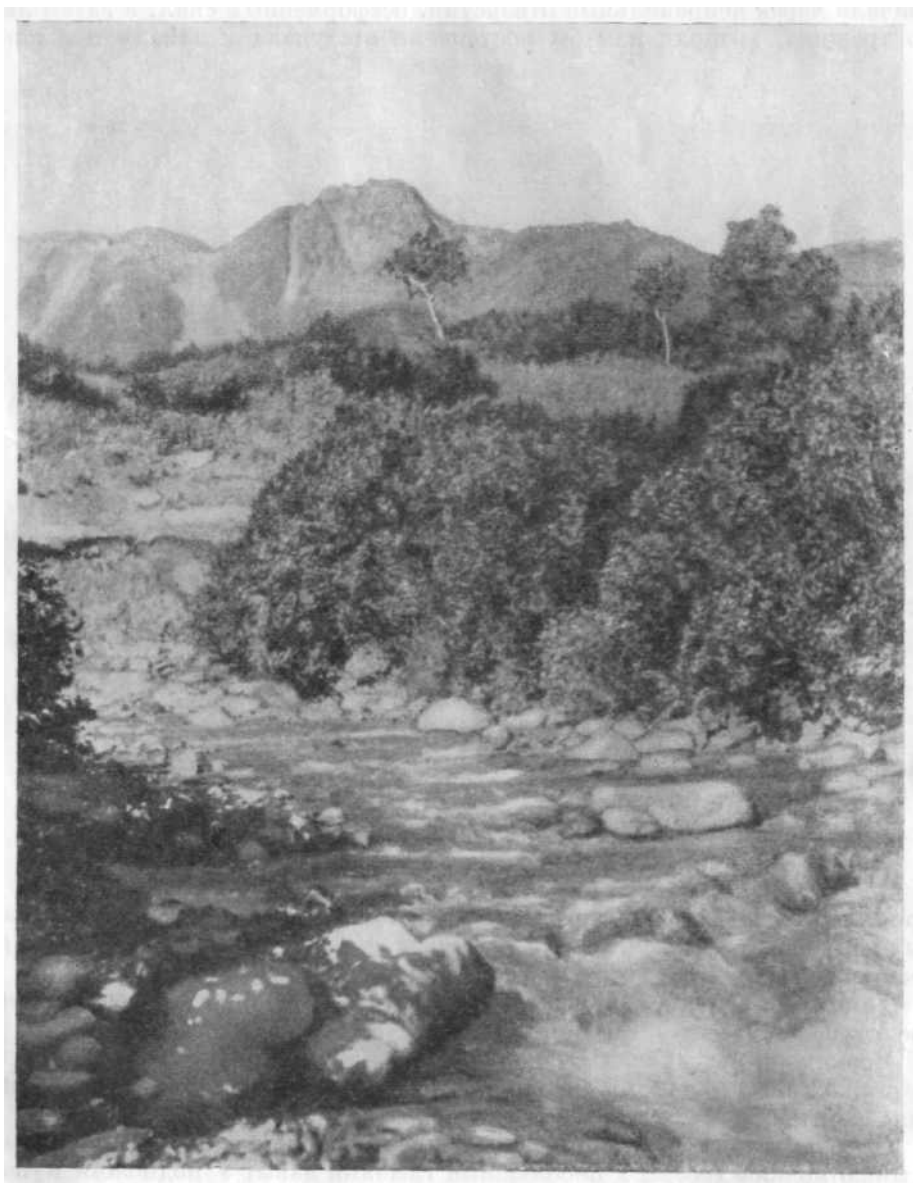
Благодаря расположению купола Черного на склоне вулкана выжимавшаяся лава еще была настолько пластичной, что немного сползала по склону почти до места, где впоследствии образовался купол Скалистый. Такое несимметричное образование купола Черного, вызванное сползанием лавы по склону, очень похоже на аналогичные купола, образовавшиеся на склонах яванского вулкана Мерапи (Van-Bemmelen, 1949), названные однобокими куполами.

По-видимому, раньше был выжат сплошной массой купол Крутой, который представляет собой форму, среднюю между массивным куполом и обелиском, а затем, через значительный промежуток времени, прорвался рядом с ним купол Черный. Однако по нашим материалам нет полной уверенности в отношении последовательности их возникновения. Возможно, что купол Черный образовался раньше, а купол Крутой прорвался сквозь него или непосредственно рядом с ним.

По способу же формирования купол Крутой относится к экструзивным массивным куполам или обелискам, а Черный — к экструзивным однобоким куполам.

Купол Скалистый

Андезитой купол Скалистый вместе с куполами Овальными расположееу вдоль следующей (пятой) линии северо-восточного направления, непосредственно к востоку от куполов Крутого и Черного. Он, по-видимому, является одним из наиболее молодых экструзивно-эффузивных образований в группе Большого Семячика.



Фиг. 21. Купол Крутой (в середине). Фото Е.В. Ястребова.

Вершина этого купола сложена из хаотически нагроможденных скал и глыб лавы различных размеров (фиг. 22). Они то почти одинаковые по величине и расположены в беспорядке, то торчат в виде отдельных скал различной величины, то их скопления образуют подобие вала. Между

крупными глыбами находятся мелкие, которые образуют род крупной брекчии, зажатой между большими глыбами.

Одна особенность выделяет этот купол от других, а именно: глыбы лавы с максимальными размерами около 150 x 90 м, выжатые в западной части купола, имеют с западной стороны гладкую, частично сферическую поверхность, а с восточной стороны — неровную поверхность.

Формирование купола Скалистого шло последовательным выжиманием, сначала через неправильные отверстия, бесформенных скал, а затем лавы по трещине, которая как бы постепенно отступала к западу и в конце



Фиг. 22. Вершина купола Скалистого. Фото Е. Ураткова.

приняла дугообразную форму. По трещине из вулканического канала были выжаты самые последние порции лавы, принявшие гладкие сферические поверхности, наклоненные к востоку.

Таким образом, западная часть купола, вероятно, имеет скорлуповатое строение.

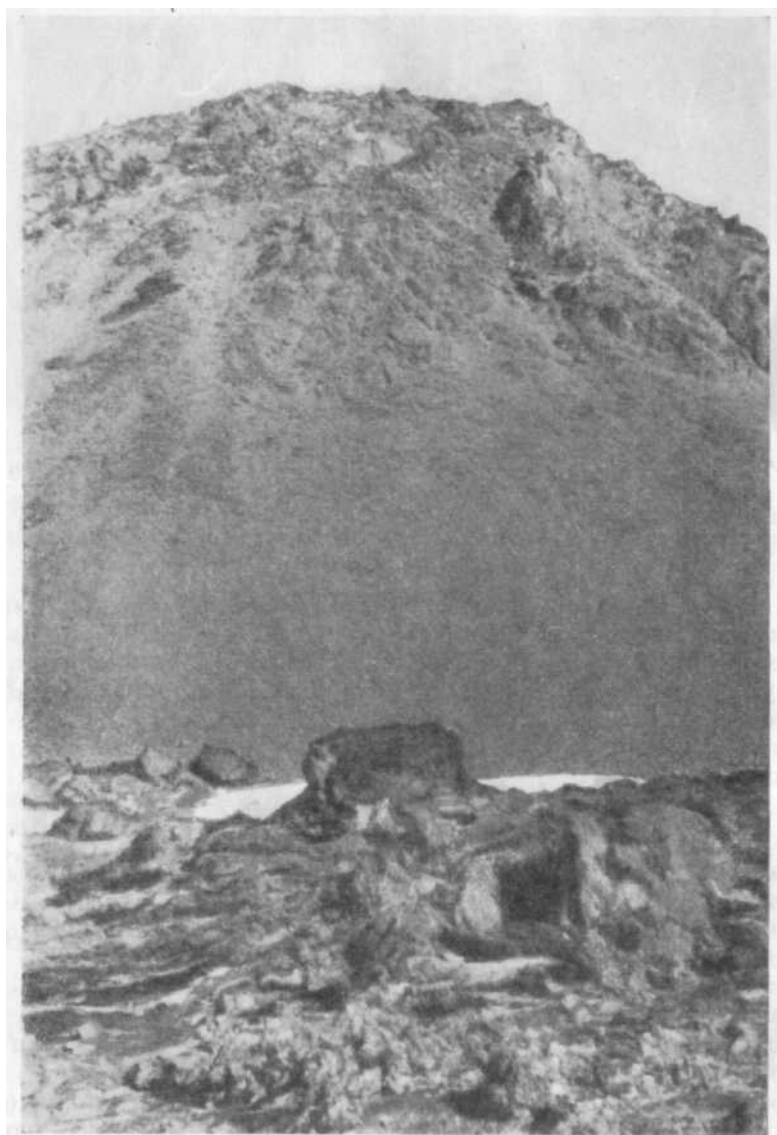
Возможно, что купола с подобным строением образуются упомянутым путем, а не так, как принято считать на основании опыта выжимания гипсовой массы через узкое отверстие.

Склоны купола Скалистого, особенно к югу и юго-востоку, покрыты осыпью мелкой дресвы и небольшими глыбами лавы. У подножия купола имеются обнажения кекур лавового потока (фиг. 23), который излился раньше возникновения купола.

Выжимание лавы купола Скалистого сопровождалось образованием горячих туч типа пелейских, отложения которых видны к востоку от купола в виде полосы скоплений глыб различного размера, вулканической дресвы и песка. Несколько же глыб, вынесенных этой горячей тучей,

достигают гигантских размеров (около сотни кубических метров), как это видно на фотографии (фиг. 24).

Состав лав куполов Черного и Скалистого одинаков. Последний более молодой, чем первый. Этот купол представляет собой экструзивный ска-



Фиг. 23. Купол Скалистый. Фото Е. Ураткова.

листый или скалисто-скорлуповатый, купол, причем, возможно, лава излилась в начальной стадии извержения. Эффузивная стадия сменилась экструзивной (образованием скалистого купола), сопровождавшейся также горячими тучами, приведшими к соответствующим отложениям рыхлого пирокластического материала.



Фиг. 24. Отложения горячей тучи к юго-востоку от купола Скалистого.
Фото В. Д. Троицкого.

Купола Овальные

Два купола Овальные расположены к юго-востоку от купола «с кратером» и купола Крутого. Купола Овальные значительно ниже предыдущих. В плане они имеют вытянутую овальную форму. Оба купола соприкасаются друг с другом и оба уже сильно заросли. Только на самых вершинах находятся небольшие выходы андезита, близкого к андезито-дациту. По способу формирования их, очевидно, можно отнести к экструзивным массивным куполам.

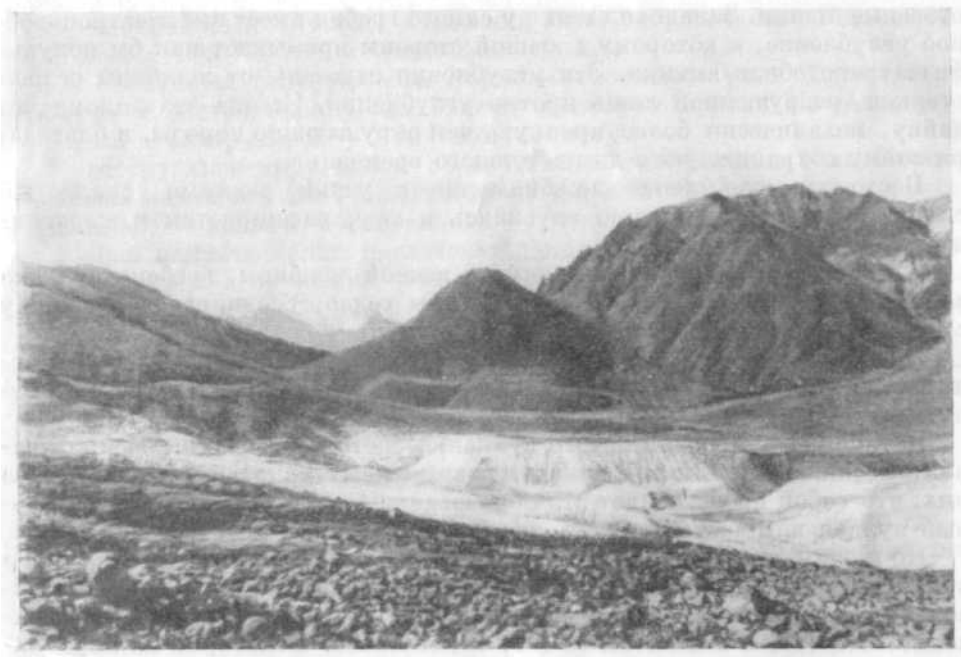
Вулкан Иванова

Небольшой по размерам вулкан Иванова расположен как бы в проходе между северо-западной частью вулкана Центральный Семячик и вулканом Попкова. Этот вулкан назван в память химика Вулканологической станции И. 3. Иванова, умершего на Камчатке.

Вулкан Иванова лежит на одной линии (простирающейся на СЗ—320°) с куполом «с пемзой» [70/46] и примыкающей к нему тупозаостренной вершиной. По-видимому, он и генетически тесно связан с ними и вообще с Центральным Семячиком.

По форме вулкан Иванова представляет собой лавовый конус (фиг. 25) с углом склона в 32° (т. е. обычным для конусообразных вулканов), сложенный серым андезито-базальтом [89/46].

Этот конус представляет собой в центральной верхней своей части сплошную лавовую вершину, состоящую из вертикальных скал и глыб. Нижняя часть конуса окаймлена крупными и мелкими глыбами этой же андезито-базальтовой лавы. Он образовался, по всей вероятности, в результате выдавливания лавы, находившейся в стадии отвердевания, в виде более или менее вертикальных скал, распадавшихся на поверхности на крупные и мелкие глыбы. Таким образом, центральная часть вулкана представляет собой род обелиска, или скорее остроконечной пирамиды



Фиг. 25. Вулкан Иванова (конусообразный). Вдали — Малый Семячик и дымящийся Карымский. На переднем плане — белые метасоматически измененные вулканические образования. Фото Е. В. Ястребова.

(питон), а нижняя часть — осыпи глыб этой пирамиды. В результате этих процессов вулкан принял конусообразную форму и представляет переходную форму от обелиска к экстрезивному глыбовому конусу.

Вулкан Проблематичный

Вулкан Проблематичный имеет сложное строение. В нем наряду с основными лавами, занимающими различное пространственное положение, широко развиты, особенно на южном отроге, довольно кислые пирокластические образования. Он находится в юго-юго-западной части района расположения вулканов группы Большого Семячика. Более или менее сохранилась юго-западная половина его. От вершины вулкана Проблематичного сохранился лишь очень острый гребень высотой около 1100 м, представляющий собой дугу, идущую с севера, где она примыкает к Пирамидальной вершине, на запад и далее на юг. В южной части дугообразный гребень прерывается глубоким оврагом — долиной, отделяющей его от купола, «с кратером».

Этот гребень представляет собой, по-видимому, сохранившуюся часть края кратера, а параллельная ему дугообразная замкнутая долина образовалась между внутренними склонами кратера и возникшим в кратере Южно-центральный куполом. При таком толковании гребень является частью соммы, а долина — атрио, и таким образом вулкан Проблематичный вместе с Южно-центральный куполом представляет собой вулкан типа сомма — везувий. В южном направлении гребень сменяется относительно пологим широким склоном, покрытым кустарниками кедровника и ольховника, а к юго-юго-западу — ложбиной, глубоко врезавшейся в тело вулкана. Самая верхняя часть ложбины имеет крутые и во многих местах

отвесные стенки. Западная стенка у самого гребня имеет амфитеатроподобное углубление, к которому с южной стороны примыкает как бы полуамфитеатроподобная выемка. Эти углубления отделены от ложбины острой стенкой, разрушенной лишь против углубления. Стенка эта напоминает дайку, механически более крепкую, чем окружающие породы, и благодаря этому сохранившуюся до настоящего времени.

Восточное окаймление ложбины имеет узкий, местами скалистый склон, который, постепенно спускаясь к югу, расширяется и выравнивается у подошвы вулкана.

На вершине, у начала упомянутой южной ложбины, гребень вулкана значительно понижается, образуя как бы седло, соединяющее ложбину с дугообразной долиной.

Несколько к северу от этого седла, в гребне вулкана находится сравнительно небольшое амфитеатроподобное углубление, открытое в сторону дугообразной долины.

История формирования этого вулканического образования очень сложная. Возникает целый ряд пока не разрешенных вопросов, и главный из них: что собой представляет это образование — отдельный самостоятельный вулкан или часть вулкана собственно Центрального Семячика?

По нашим кратковременным и поэтому не полным наблюдениям, эта вулканическое образование сложено лавами и пирокластическими образованиями разного минералогического и химического состава. Лавы базальтового [47] и андезитового [50, 60] составов. Некоторые из пирокластических образований имеют почти андезито-дацитовый [19] состав. Последние образовали особо мощные отложения на южном склоне (ближайшем к куполу «с кратером»). Для восстановления полной истории этого вулканического образования необходимы детальные исследования.

На основании же имеющихся в настоящее время сведений о нем надо считать это вулканическое образование скорее остатком самостоятельного вулкана, а не частью Центрального Семячика, и относить его к вулканам смешанного типа.

В течение жизни этого вулкана состав лав, а следовательно, и магмы изменялся в пределах от базальта до андезито-дацита, а также происходило сложное чередование эффузивной и эксплозивной деятельности. Особенно мощная эксплозивная деятельность проявлялась на южном склоне этого вулкана и, по всей вероятности, в конце активной его жизни, во время которой образовались очень мощные и наиболее для этого вулкана кислые (андезито-дацитовые) пирокластические отложения.



Мы рассмотрели вулканические образования, связанные в той или иной мере с вулканом Центральный Семячик. Эту группу составляют более крупные вулканические сооружения: двухкратерный базальтовый смешанный вулкан собственно Центральный Семячик, по-видимому, остатки сложного сильно разрушенного вулкана Проблематичного смешанного типа и относительно малые по величине вулканические образования — ряд разнообразных куполов. Среди последних наблюдаются как типичные экструзивные образования, так и переходные формы, возникшие в результате экструзивно-эффузивной и экструзивно-эксплозивной деятельности.

К чисто экструзивным образованиям относятся однобокий Полукупол и оба купола Овальных. Точнее, они представляют собой экструзивные массивные купола.

К типу экструзивных скалистых куполов относятся купол «со щитом» и два купола в его ряду, простирающемся на северо-запад, купол «с пемзой» с рядом расположенных куполов с несколько заостренной вершиной,

Южно-центральный купол, куполоподобное образование Перемычка, односторонний купол Черный и купол Скалистый.

К переходным экструзивным формам относятся купол Крутой — от обелиска к экструзивному массивному куполу и вулкан Иванова — от обелиска к экструзивному глыбовому конусу.

К экструзивно-эффузивным образованиям относятся купола Корона с лавовым потоком и Еж с лавовым языком и отчасти Скалистый, а к экструзивно-эксплозивным образованиям — купол «с кратером».

Общая намечающаяся последовательность окончания формирования вулканических сооружений в районе Большого Семячика приведена в табл. 2.

Таблица 2

Название вулканического сооружения	Характер вулканической деятельности	Содержание в лавах SiO_2 , %	Примечание
Собственно Центральный Семячик	Эффузивно-эксплозивная	48,60—50,20	Возрастные взаимоотношения не ясны
Большой Семячик	То же	50,64—51,82	
Проблематичный	»	53,30—61,22	
Полукупол	Экструзивная	63,28	Возрастные отношения не ясны. Может быть, и более молодые
Овальные	»	62,76	
Купол «с кратером»	Возможно, экструзивно-эксплозивная	62,84	
Купол «со щитом»	Экструзивная	60,22	
Купол «с пемзой»	»	59,91	
Пере́мычка	»	—	
Южно-центральный	»	57,16	
Крутой	»	—	
Черный	Экструзивно-эффузивная	57,88	
Скалистый	»	56,32	Возможно, образовался и после купола Еж
Корона	»	56,20	
Еж	»	55,41	
Иванова	Экструзивная		Время возникновения точно неизвестно, но после образования вулкана Попкова

В общей последовательности образования упомянутых вулканических сооружений стадия эффузивно-эксплозивной деятельности (собственно Центральный Семячик и вулкан Проблематичный) сменилась экструзивной, которая в свою очередь сменилась экструзивно-эффузивной. Смена характера деятельности сопровождалась или была обусловлена изменением состава лав, как это видно из табл. 2, от основных к более кислым лавам и снова к относительно более основным.

Как выше кратко упоминалось, в расположении вулканических образований Центрального Семячика наблюдается определенная закономерность, а именно: они расположены по двум направлениям — северо-восточному и северо-западному.

По северо-восточному направлению они образуют пять грубо параллельных рядов, в которых, начиная с северо-западного и кончая юго-во-

сточным расположены: в первом ряду — северо-западный купол ряда купола «с пемзой», так называемый купол с тупо заостренной вершиной, третий купол ряда купола «со щитом», северный кратер собственно Центрального Семячика и Полукупол; во втором — Корона, купол «с пемзой», купол «со щитом» и южный кратер собственно Центрального Семячика; в третьем — Проблематичный, Южно-центральный, Перемычка и Еж; в четвертом — купол «с кратером», купола Черный и Крутой; в пятом ряду — купола Овальный (юго-западный), Овальный (северо-восточный) и Скалистый.

Менее отчетливо наблюдается их расположение по северо-западному направлению. Из рядов этого направления более четко выделяются купол «с пемзой», купол с тупо заостренной вершиной, конус Иванова и ряд — купол «со щитом», второй и третий его купола.

Подобное расположение рядами упомянутых вулканических образований, естественно, вызывает правдоподобное предположение о существовании в недрах земной коры на территории Центрального Семячика параллельных разломов, преимущественно северо-восточного простирания, совпадающего с главным тектоническим направлением Камчатки.

По-видимому, главный тектонический разлом сопровождается на этом участке Камчатки скрытыми параллельными микроразломами, которые способствовали в этом месте выходу вулканического материала на земную поверхность и образованию расположенных рядами вулканических сооружений.

Вулкан Попкова

После вулканов Большого Семячика и Центрального Семячика наиболее крупным вулканическим сооружением является вулкан Попкова, названный этим именем в честь и память геолога Вулканологической станции на Камчатке В. Ф. Попкова, погибшего на иоле битвы во время Великой Отечественной войны.

Вулкан Попкова, высотой около 1250 м, является сложным, достаточно крупным и несколько разрушенным вулканическим сооружением. По форме он представляет собой куполоподобное образование в южной половине, с достаточно крутыми скалистыми склонами, изрезанными вертикальными дайками (мощностью 2—3 м), а в северной части, с пологими к западу и северу склонами.

Склоны вулкана прорезает ряд неглубоких и нешироких оврагов. Только на западном склоне от самой вершины вулкана спускается широкий и глубокий овраг, оканчивающийся вблизи Плоско-Кругленького вулкана, и на северо-восточном склоне имеется большая широкая вверх выемка, оканчивающаяся внизу узким ущельем, разрезающим тело вулкана (фиг. 26). По этому узкому ущелью можно проникнуть в центральную часть вулкана. Оно же является руслом, по которому выносились и выносятся небольшие глыбы и сравнительно мелкие обломки, которые и образовали большой конус выноса у подножия вулкана.

Центральная часть вулкана напоминает большую циркоподобную впадину, представляющую собой расширенный и углубленный процессами эрозии кратер. Края этой впадины неправильные, извилистые и скалистые. В центральной части впадины возвышается, по-видимому, жерло-вина (некк).

Лучше и легче всего попасть в этот разрушенный кратер по упомянутому слегка извилистому ущелью, идущему от кратера по направлению СВ—60° и пересекающему северо-восточную часть вулкана.

Стенки ущелья сложены главным образом отложениями вулканической туфобреккии и изредка потоками лавы. Продвигаясь к средней части

вулкана, стенки ущелья суживаются, становятся все выше и выше и достигают максимальной для ущелья высоты вблизи края центральной впадины — денудированного кратера. В этом месте ущелье раздваивается, южная и северная ветви его вскоре принимают форму оврага с очень крутыми склонами вниз и отвесными скалами наверху. Северная ветвь ущелья вскоре снова разветвляется, и его южное ответвление как бы соединяется с упомянутым южным оврагом. Таким образом, они образуют круговую, или правильнее овальную, крутую как в продольных, так и в поперечных сечениях долинку, которая окаймляет со всех сторон жерловину (некк).



Фиг. 26. Вулкан Попкова. Фото Е. В. Ястребова.

Длина некка около 250 м, а максимальная ширина около 80 м.

Северная же ветвь северного оврага уходит, круто поднимаясь вверх, на запад-юго-запад. На самом верху этот овраг окаймлен с юга очень высокими, отвесными, темными скалами, а с севера — осыпями обломков пород желтоватого и светло-зеленоватого, почти белого цвета.

Темные скалы сложены, по-видимому, лавами, а светло окрашенные породы северного склона являются породами, вероятно, измененными сольфатарным воздействием.

Состав пород, слагающих вулкан и обнажающихся в центральной впадине различен. Это преимущественно вулканические туфобрекчии и лавы базальтового состава и они же, измененные сольфатарным воздействием. Вулканические туфобрекчиевые образования по мощности отложений преобладают над лавовыми потоками.

Судя по относительным мощностям лав и вулканических туфобрекчии, измеренным в кратере вулкана, последних в 1,5 раза больше, чем лав, или в процентах: лав 40% и вулканических туфобрекчии 60%.

Вулкан Попкова интересен еще и тем, что его северо-восточная и северная части сложены дацитом, имеющим в большей части обнажений и россыпей полосчатое строение. Вся же остальная часть вулкана сложена, как упоминалось, породами основной магмы. Граница между последними и дацитом проходит по северо-восточному склону вулкана — от первого к северу ущелья-оврага к вершине вулкана и к западному широкому оврагу, но до него не доходит. Дацитовые лавы занимают всю северную от этой линии часть вулкана.

Дацитовая часть вулкана на его северо-восточном склоне морфологически отделена от остальной части вулкана оврагом, но выше на вершине вулкана контакт между ними не был обнаружен и морфологически не выражен.

В упомянутом же овраге обнажается эруптивная брекчия, цементом; в которой является дацит, а обломки — базальтовые. Таким образом, петрографически доказывается, что дацитовые лавы являются более молодыми.

Для выяснения строения вулкана следует принять во внимание падение полосчатости дацита на ЮЗ—230° под углом 8°, т. е. в сторону вершины вулкана.

На северо-восточном склоне вулкана обнажения дацитовой лавы кончаются отвесными скалами примерно в средней части склона. Ниже склон, усеянный обломками и глыбами дацита, становится относительно более крутым.

Падение же полосчатости к юго-западу, видимо, объясняется вытеканием из канала (снизу вверх) или течением дацитовой лавы по волнистой поверхности, падавшей в этих местах к юго-западу склона, спускавшегося от центральной части вулкана.

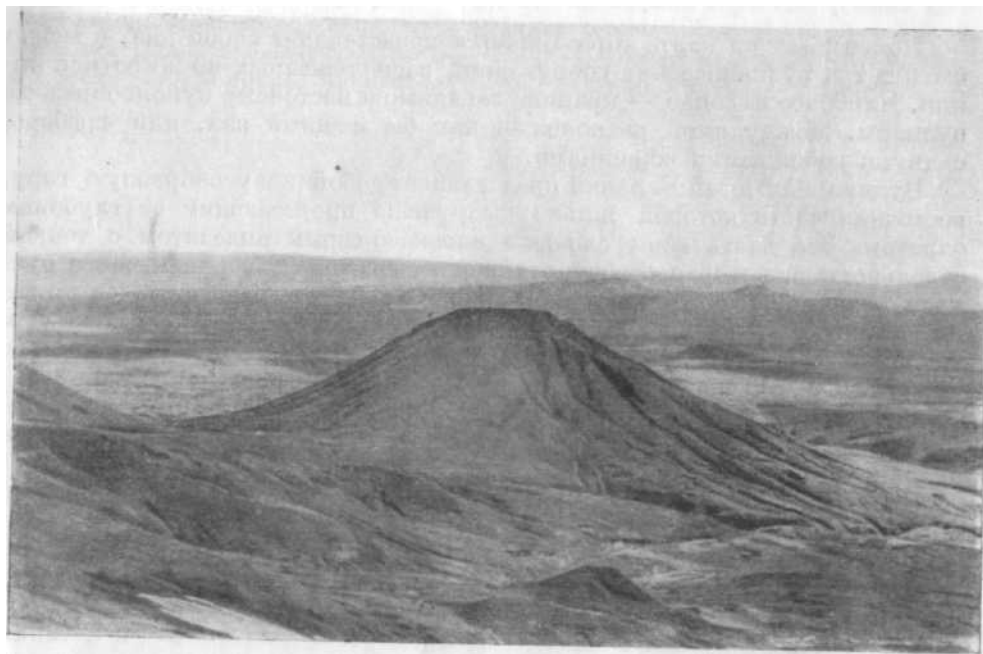
С другим предположением, что дацитовая часть вулкана образовалась раньше, чем остальная часть сооружения, и что она представляет остаток ранее существовавшего большого кислого вулкана, как предполагает Е. В. Ястребов (1953), нельзя согласиться на основании указанного выше признака — наличия контактной эруптивной брекхии, цементом которой является дацитовая лава.

Северная, дацитовая часть вулкана представляет собой, по-видимому, однобокий плоский купол, или «куполо-покров», образовавшийся в результате прорыва дацитовой лавы на склоне вулкана и, по всей вероятности, относительно меньшей, чем обычно, ее вязкости, вследствие чего порции лавы не натекали друг на друга, а растекались по склону и образовали несколько выпуклый «покров».

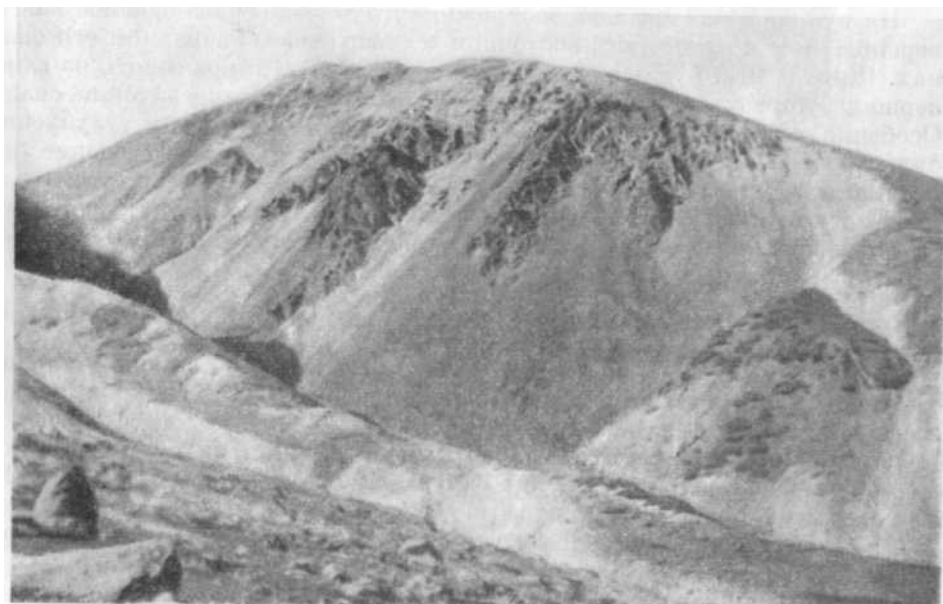
Таким образом, вулкан Попкова, образовавшийся в результате смешанной эксплозивной и эффузивной, а затем и экструзивной деятельности, представляет собой сложное сооружение типа смешанного вулкана, преимущественно базальтового состава, изрезанное в южной части почти вертикальными дайками и тесно соприкасающееся в северной части с экструзивным дацитовым образованием.

Вулкан Плоско-Кругленький

Это конусообразный вулкан высотой около 1140 м, с усеченной вершиной и неглубоким, заросшим травой кратером, окаймленный с восточной стороны шлаковым валом. Склоны вулкана изрезаны многочисленными барранкосами (фиг. 27). Коренные выходы пород имеются преимущественно в стенках кратера, где обнажается главным образом базальтовый шлак. Склоны наклонены к горизонту под углом около 30°.



Фиг. 27. Вулкан Плоско-Кругленький. Фото Е. В. Ястребова.



Фиг. 28. Вулкан Западный Бараний. Фото Е. В. Ястребова.

Вулкан Западный Бараний

Помеченная на карте гора Баранья представляет собой два, а может быть и три вулканических сооружения, расположенных по широтной линии. Наиболее высокие — крайние западные и восточные куполообразные вулканы. Между ними расположен как бы мощный вал, или гребень, с двумя небольшими вершинами.

Вулкан Западный Бараний представляет собой конусообразную гору, восточная часть которой сильно разрушена прорезающим ее глубоким оврагом. Эта часть горы сложена синевато-серым андезитом с тонкой отдельностью, которая особенно хорошо выражена в верхней части вулкана, у оврага. На этом восточном склоне вулкана коренные выходы в виде скал обнажаются главным образом в верхней части склона. Большая же часть склона покрыта осыпями из относительно мелких обломков пород (фиг. 28), сильно измененных сольфатарной деятельностью.

Гребень-вал, идущий от Западного Бараньего к Восточному Бараньему вулкану, в повышенной части, вблизи упомянутого оврага, сложен вулканической туфобрекчией.

Эта повышенная часть вала, по-видимому, является частью восточного склона вулкана Западного Бараньего.

Седловина же на этом валу и оба ее склона — к северу и югу, находящиеся вблизи Западного Бараньего, сложены андезитовыми породами, сильно измененными сольфатарной деятельностью.

Далее к востоку вал сложен неизменным андезитом [86/46], таким же, как и вулкан Восточный Бараний, и возможно, что эта часть вала является его лавовым потоком.

Вулкан Восточный Бараний

Вулкан Восточный Бараний, высотой 1427 м, представляет собой конусообразную гору, сложенную андезитовой лавой, с относительно неглубокими узкими и широкими баранкосами.

На вулкане имеется желобообразное углубление, наблюдаемое как на вершине, так и на юго-юго-восточном и северо-северо-западном его склонах. Ширина этого углубления на вершине 200 м. По краям его, на самой вершине, торчат грядками по параллельным линиям андезитовые скалы. Особенно выделяется более высокая и обрывистая (в сторону углубления) стенка юго-западной гряды (фиг. 29). Возможно, что это углубление произошло в результате разлома и небольшого сброса — оседания центральной части вулкана или же было выпаяно исчезнувшими уже ледниками.

От вершины вулкана скускаются по разным направлениям пять коротких, но мощных не то потоков, не то осыпей.

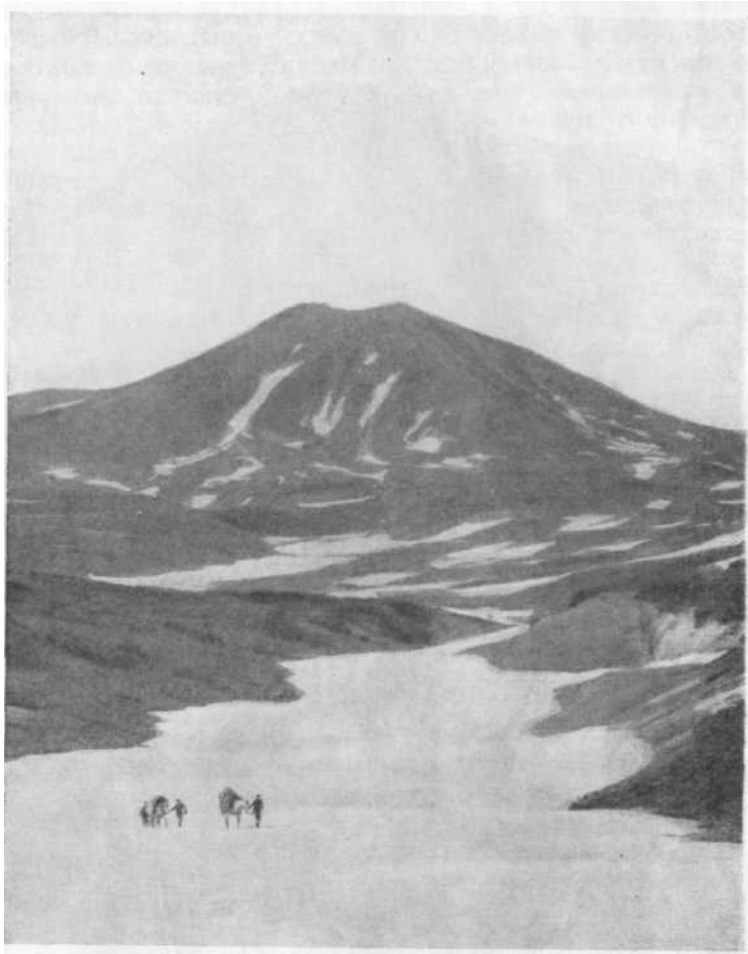
Вулкан Кулакова

Вулкан Кулакова является самым северным в группе вулканов Большого Семьячика. Он назван в память геолога В. С. Кулакова, изучавшего действующие вулканы Камчатки.

Вулкан представляет собой несколько вытянутый куполообразный хребтик с максимальной высотой 1226 м, понижающийся к югу (фиг. 30). Он окаймлен с востока, севера и северо-запада р. Старый Семьячик, а с запада речкой, текущей с седловины между вулканами Кулакова и Восточным Бараным.

Вершина вулкана представляет собой хребтик с тремя пологими вершинами, расположенными в меридиональном направлении. Первая (самая северная) вершина наиболее высокая, вторая (средняя) несколько ниже

первой. Расстояние между ними около 250 м. Третья вершина (самая южная) отделена от второй впадиной глубиной около 100 м. По высоте третья вершина ниже предыдущих на 50—70 м. Верхние части всего вулкана относительно пологие, нижние же относительно крутые. Сложен он да-



Фиг. 29. Вулкан Восточный Бараний. Фото Е. Ураткова.

цитом и, таким образом, представляет собой кислую куполообразную экструзию. По-видимому, выжимание лавы происходило более или менее одновременно по трем ответвлениям вулканического канала.

Вулкан Бурлящий

Вулкан Бурлящий расположен у северного подножия вулкана Большой Семячик. С юга он представляет собой невысокий пологий холм (фиг. 31), разделенный долиной, начинающейся в месте соприкосновения его южного склона с северным склоном Большого Семячика. Вершина восточной половины вулкана Бурлящего почти на 60 м выше вершины западной половины этого вулкана. Склоны вулкана спускаются на северо-запад, и особенно на север и северо-восток, значительно ниже, и поэтому с север-



Фиг. 30. Вулкан Кулакова. Фото Е. В. Ястребова.



Фиг. 31. Вулкан Бурлящий. Сзади — Большой Семячик. Фото Е. В. Ястребова.

ной стороны вулкан Бурлящий имеет значительную высоту. Он расположен на склоне вулканических образований группы Большого Семячика и, естественно, с разных сторон имеет разную высоту.

Абсолютная высота вулкана около 1100 м, а относительная — с юга 30—50 м, а с севера около 200 м.

Наружные склоны вулкана сложены главным образом вулканической туфобрекчией и отдельными лавовыми потоками базальтового и андезито-базальтового состава. Породы же центральной части все изменены. Первоначальные вулканические, по-видимому базальтовые или андезито-базальтовые, породы изменились под влиянием сольфатарного воздействия в глины, глиноподобные и опаловые породы.

Выходы сольфатар, выделяющих главным образом пары воды, сероводород, уголекислоту и метан, приурочены к упомянутой долине, прорезающей вулкан с юга на север. Первые небольшие выходы находятся в верховье ручья, текущего по этой долине, приблизительно в 200 м от снежника, из которого он вытекает.

Примерно в 300 м от этих выходов находится круглая площадка диаметром около 50 м, усеянная громадным количеством мелких и более крупных сольфатар. Особенно их много в восточной половине площадки. Эта площадка, вероятно, была некогда дном кратера.

Вулкан Бурлящий является одним из древних вулканов этого района, возникшим еще в докальдерный период и, несмотря на это, находится еще до сих пор в сольфатарной стадии деятельности.

* * *

Между группой вулканов Большого Семячика и группой вулканов Малого Семячика в лесной зоне находятся, по-видимому, один или два небольших низких вулкана, но действительно ли это вулканические аппараты, определенно сказать нельзя, так как они не были посещены.

ГРУППА ВУЛКАНОВ МАЛОГО СЕМЯЧИКА

В эту группу вулканов входят Малый Семячик с боковыми конусами, Березовый (Двойной), Стена, два Прибрежных и Ступенчатый бастион. Вулкан Малый Семячик расположен в северной части дна кальдеры, вулкан Березовый (Двойной) — у северо-восточного обрыва кальдеры, два вулкана Прибрежных — на восточном склоне кальдеры, вулкан Ступенчатый бастион — на юго-запад от Малого Семячика, вне кальдеры.

Вулкан Малый Семячик

Вулкан Малый Семячик представляет собой отдельный массив, возвышающийся над дном кальдеры. Если смотреть на этот вулкан с севера или юга, он напоминает усеченный конус, а с востока (фиг. 32) и запада — короткий хребтик, длиной около 3 км, понижающийся с севера на юг с максимальной отметкой в 1553 м на севере и минимальной отметкой в 1250 м на юге. Площадь, занимаемая основанием этого вулкана, равняется примерно 55 км², а его объем около 20 км³.

При более детальном знакомстве выявляется ряд особенностей в строении этого вулканического сооружения. Вершина его состоит из двух потухших гнездовых кратеров — северо-восточного и среднего — и одного действующего, самого южного кратера, расположенного в юго-западной части вершины вулкана, названного кратером Троицкого.

Стенки кратеров сильно разрушены. У северо-восточного кратера северная стенка, имеющая пирамидальную форму, является самой высокой вершиной вулкана и представляет собой почти сплошные обнажения вулканических пород, и только на небольших горизонтальных пло-

шадках и участках пологих склонов встречается редкий покров из обломочного материала. В большом обрыве, обращенном на юго-запад, явно видно слоистое залегание лав и пирокластических пород, падающих на северо-запад. Остальные вершины, стенки и дно кратера покрыты осыпями и слоем лапилли.

Небольшое перемещение канала вулкана к югу создало на территории этого первоначального кратера новый кратер. Сравнительно низкий дугообразный гребень отделяет ныне впадину (остаток от первого кратера) от нового гнездового чашеобразного кратера (фиг. 33). Дно кратера в

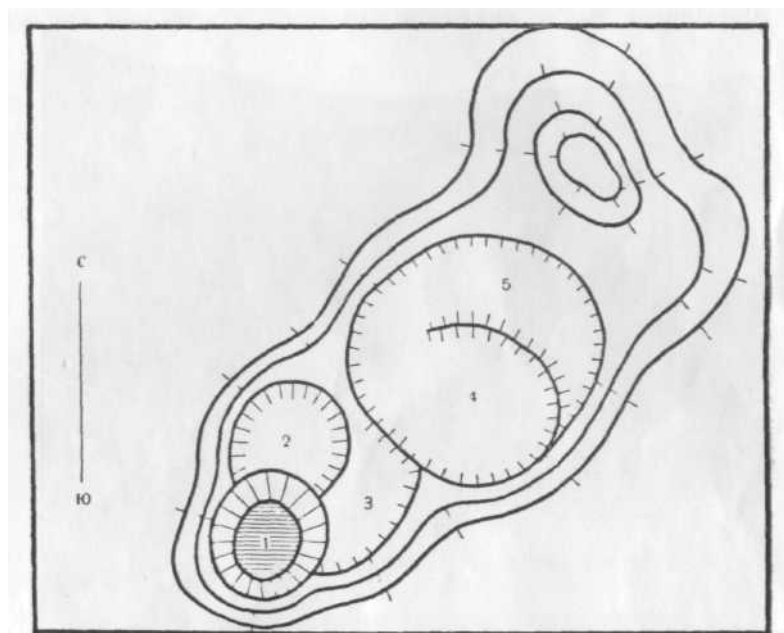


Фиг. 32. Малый Семячик. На переднем плане — восточный склон вулкана Стена.
Фото В. Д. Троицкого.

большей своей части занято песчаной площадкой. Во время нашего посещения (август. 1946 г.) оно было сухое, но, судя по сортированности песчаного материала, весной здесь бывает временное озеро. Узкая полоса льда, погребенного под покровом из лапилли, вытянута вдоль восточной границы дна кратера. Его присутствие обнаруживается в явлениях термального карста и наличии ручьев. К западу от кратера по наружному склону вулкана спускается короткий погребенный ледник, покрытый вулканическими песком и дресвой, площадью около 1 км². Только в глубоких трещинах можно было обнаружить лед. Мощность его в конце ледника около 30 м, из которых несколько метров приходится на отложения вулканических песка и дресвы. Более северная часть ледника менее мощна и слабо холмиста, но простирается далее, чем южная часть. Южная часть испещрена трещинами, бессточными котловинами и озерками. Весь ледник имеет веерообразный контур. Судя по уменьшению величины бугров ледника в западном выступе, можно предположить, что эта часть отступает. Южная же часть стабильная. Наружные склоны этой части вулкана изрезаны редкими, относительно широкими ложбинами — баранкосами.

Средний кратер является также гнездовым кратером. От первоначального кратера осталась с востока дугообразная впадина, заключенная.

между восточными стенками этого кратера и последующего гнездового, образовавшегося в западной части первого. Последний, собственно средний кратер, отличается от предыдущих тем, что в нем нет замкнутой чаши. Он как бы срезан южным кратером Троицкого. Далее восточная стенка вертикальна, и у ее подножия находится снежник, северная слабо выражена, так как здесь склоны междократерной гряды образуют седло. Западная стенка представляет собой валообразную вершину. Дно кратера неровное; оно представляет собой ряд небольших оврагов, выработанных дождевыми потоками, имеющими общий сток в кратер Троицкого. Корен-



Фиг. 33. Схематический план вершины Малого Семячика:

1 — действующий кратер Троицкого; 2,3,4,5 — недействующие кратеры.

ные выходы наблюдаются в обрывистых стенках и в нескольких бугрообразных возвышениях дна, среди которых наблюдаются глыбы измененных пород — свидетели недавнего сольфатарного воздействия. Остальная часть поверхности дна среднего кратера засыпана лапилли.

К югу от среднего кратера расположен кратер Троицкого, который резко отличается от предыдущих как морфологически, так и тем, что служит местом проявления современной вулканической деятельности Малого Семячика.

Кратер имеет овальное, приближающееся к кругу очертание. Стенки его со всех сторон обрывистые. Только двумя путями, идущими из среднего кратера, можно было в 1946 г. с большим трудом и, главное, с большим риском спуститься к озеру, находящемуся на дне кратера, а подняться от озера можно было только по одному пути, представляющему собой крутую каменную осыпь. Высота стенок над озером от 120 до 210 м и около 100 м у входа в средний кратер. Стенки поднимаются непосредственно от озера и только в северо-восточной и северной частях берега озера представляют собой каменистую осыпь из достаточно крупных глыб, обвалившихся со стенок кратера. Стенки кратера под влиянием фумарольной

деятельности окрашены в различные цвета. И в этом отношении кратер представляет очень эффектную и красивую картину.

Стенки кратера представляют собой прекрасные разрезы, вскрывающие геологическое строение южной части вулкана Малый Семячик (фиг. 34). К сожалению, вертикальность стенок и наличие озера делают их недо-

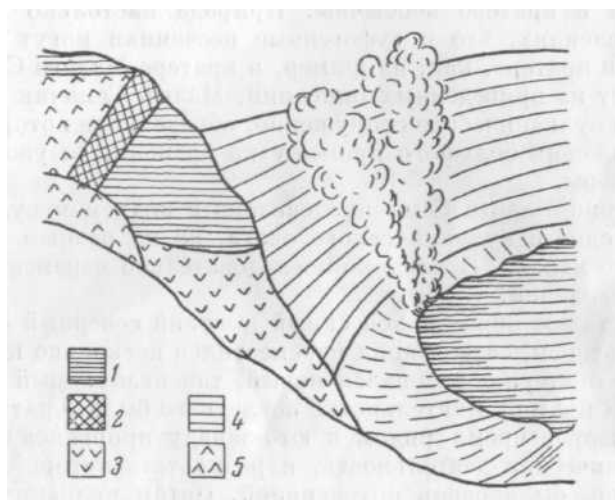


Фиг. 34. Кратерное озеро и действующая сольфатара в кратере Троицкого. Фото В. Д. Троицкого.

ступными для непосредственного осмотра и отбора образцов. Строение стенок кратера Троицкого заслуживает того, чтобы на нем остановиться несколько подробнее.

Восточная стенка сложена из слоев лавы и пирокластических пород. Западная стенка в нижней половине сложена из лав и других вулканических (пирокластических) пород, сильно измененных сольфатарным воздействием. В нижней части верхней половины стенки обнажается туфоген-

ный песчаник. На нем залегает пласт лавы, изгибающийся северным концом к среднему кратеру, а на лаве снова — туфогенный песчаник. Южная часть верхней половины западной стенки покрыта осыпями. Нижняя часть ее представляет обрыв в озеро. Юго-западная стенка кратера представляет собой, по-видимому, закрытые последним извержением «ворота», через которые изливалась лава, захватывая временами и глыбы лав более ранних излияний. Особый интерес представляет северо-восточная стенка кратера у «ворот» из среднего кратера в кратер Троицкого. От осыпи до высоты примерно 150 м над уровнем озера обнажается вулканическая туфобрекчия с весьма крупными обломками и глыбами лав (фиг. 35). Над ней залегает туфогенный песчаник, слои которого в нижней



Фиг. 35. Разрез северной и восточной частей кратера Троицкого:

1 — туфогенный песчаник; 2 — лава; 3 — вулканическая
брекчия; 4 — слои лавы и пирокластических отложений;
5 — осыпи.

части имеют крутое падение, затем более пологое и, наконец, горизонтальное. Северная, дугообразная, часть этого песчаника покрыта лавовым пластом, падающим на север (аналогично изгибу лавового пласта в западной стенке и примерно на той же высоте). На нем расположены осыпь и уже у самого верха небольшие отложения современного песчаника.

Исходя из этого разреза и принимая во внимание разрез северной части западной стенки, можно предположить, что на месте обнажений вулканической туфобрекхии с крупными обломками и глыбами было жерло вулкана или, что менее вероятно, скопление обломочного материала на склоне вулкана. Сначала, видимо, периодически осыпался песок со стенки кратера и образовывал ряд осыпей, которые и дали в разрезе сначала крутонаклонные, а затем все более пологие «пласты». Примерно в это время кратер заполнился водой, образовав озеро, подобное наблюдаемому ныне в кратере Троицкого, после чего песчаник уже отлагался в виде горизонтальных маломощных пластов. Это образование песчаника прервалось излиянием лавы из среднего кратера, и лава покрыла песчаник, как это видно на северо-восточной и западной стенках. После излияния лавы вновь началось образование на ней по краям и на дне среднего кратера более молодого туфогенного песчаника, сцементированного затем окислами железа.

Таким образом, здесь в кратерах Троицкого и среднем наблюдается весьма интересное явление — образование осадочной породы среди лав в кратере вулкана. И будет неудивительно, если в туфогенном песчанике будет обнаружена фауна, так как мы сами наблюдали в среднем кратере полусасыпанные вулканическим песком косточки какого-то зверька, являющиеся, по-видимому, остатками от пищи орла. Пройдет некоторое время, этот песок будет сцементирован окислами железа и получится туфогенный песчаник из вулканического материала с фауной в кратере среди лав.

Эти наблюдения опровергают одно из положений К. Н. Паффенгольца о том, что Арагез (Алагез) не является вулканом, вследствие того, что туфопесчаники в кратере необычны. Природа настолько разнообразна в своих проявлениях, что и туфогенные песчаники могут образоваться и образуются в кратере, как, например, в кратере Малого Семячика.

Как следует из приведенных описаний, Малый Семячик представляет собой сложное вулканическое сооружение, образование которого происходило на протяжении большого промежутка времени, но уже после образования кальдеры.

Формирование Малого Семячика связано с подъемом вулканического материала из одного вулканического очага, но по разным ответвлениям вулканического канала. Последние последовательно перемещались в юго-западном направлении.

В первую стадию образовался самый высокий северный стратовулкан с глубоким кратером, затем канал переместился несколько к югу и в пределах первого кратера образовался новый, так называемый эксцентрический гнездовой кратер. Деятельность последнего была кратковременной.

Через некоторое время рядом к юго-западу прорвался новый канал, причем вулканическая деятельность, в результате которой образовался большой кратер, была очень интенсивной. Потом вулканический канал переместился к западу, но в пределах кратера, и образовался новый эксцентрический гнездовой кратер. Наконец, в последнюю стадию, срезая часть кратеров, возникших ранее, образовался к юго-западу от них ныне действующий кратер Троицкого.

У подножия Малого Семячика находятся шесть боковых конусов, расположенных у юго-западного, южного и восточного склонов. Кроме того, находится еще несколько более малых форм, которые нами не были посещены.

В деятельности Малого Семячика играли большую роль лавовые излияния базальтового и андезито-базальтового составов. Они разливались в различные стороны, но последние потоки, от кратера Троицкого, — преимущественно к югу и юго-западу и отчасти к западу и востоку. Морфологически эти потоки хорошо выражены, особенно те из них, что изливались на юго-западном склоне вулкана у его подножия. Из обнажающихся потоков самый древний, который мы называли условно первым, почти весь засыпан песком. Видны только верхушки кекур (фиг. 36).

Второй поток мощностью в 3—5 и примерно наполовину засыпан песком. На третьем потоке мощностью до 10 м, а в конце около 20 м, обнажения лавы местами преобладают над покровом песков. Четвертый поток мощностью от 15 до 50 м отличается обилием высоких, до 5—8 м в высоту, отдельно стоящих скал, представляющих типичный кекурник. Пятый и шестой потоки, которые кончаются на перегибе от крутого к более пологому склону вулкана, представляют хаотическое нагромождение различных по форме глыб лавы.

Все эти потоки кончаются, не доходя до леса. Только часть второго потока спустилась в лесную зону, но до сих пор не покрыта растительно-

стью. Следовательно, излияние второго и последующих потоков произошло геологически совсем недавно.

Более древняя базальтовая лава, находящаяся в подошвы вулкана на его южном склоне, волнистая; остальные, более мощные потоки — глыбовые с сильно развитыми, как уже упоминалось, кекурами. Только второй поток у начала лесной зоны имеет форму, переходную от глыбовой к волнистой. В этой части потока лавовая корка образует дуги и полусферы, в которых верхняя часть корки мощностью от 4 до 10 см более плотная,



Фиг. 36. Лавовые потоки Малого Семячика. Фото Е. В. Ястребова.

а нижняя более пузырчатая, причем пузырьки образуют вытянутые параллельно друг другу пустотки; это говорит о том, что отвердевание произошло во время движения потока. Примерно в этом месте потока находится его ответвление длиной около 200 м, шириной около 15 м и мощностью до 2 м. В нем пустотки уже круглые (шарообразные) диаметром от 1—2 мм до 1,5—2 см; это указывает, что отвердевание произошло, вероятно, после остановки потока.

Общая картина строения потоков в их вертикальных разрезах лучше всего видна в трещинах. Средняя часть глыб потока (не обязательно в центре) сложена из более плотной, обычно менее пузырчатой лавы. Периферия же глыб представляет собой пузырчатую лаву. Плотная часть лавы имеет самую разнообразную форму: полосы, ядра, ветвистую или изгибающуюся жилообразную и т. п., и находится то ближе к верхней поверхности скал потока, то к нижней, то в центре, то с боков. Такие формы, по-видимому, можно объяснить неравномерным распределением количества газов в лаве в момент ее застывания или неравномерным их выделением из отвердевающей лавы.

Боковые конусы Малого Семячика

Боковые конусы Малого Семячика находятся примерно на одних высотных отметках 650—700 м. Из них самый западный конус — Плеши-

вый имеет форму куполообразного холма высотой около 100 м. На этот конус можно подняться по южному травянистому склону. Все остальные склоны заросли ольховником. На вершине его выступают отдельные останцы базальта высотой до 2 м. Остальная часть его покрыта обломками вулканического материала.

На расстоянии около 1 км к востоку от него расположено полуконусообразное сооружение Желтый, высотой тоже около 100 м. Восточная часть его разрушена, вследствие чего он имеет вытянутую овальную форму, с овальной же вершиной длиной около 120 м. Коренные породы сохранились только на вершине и на восточном крутом склоне. Осталось неясным, что собой представляет это сооружение: остаток кратерного конуса или, что вероятнее, остаток стенки кальдеры.

Эти два сооружения расположены к западу от второго лавового потока, а следующие два, Обманувший и Зеленый, — к востоку от него.

Боковой конус Обманувший имеет высоту около 150 м. На вершине его находится кратер диаметром около 100 м и глубиной от 20 до 30 м. Северо-восточный край кратера понижается. На этом же северо-восточном склоне имеется амфитеатроподобный боковой кратер. Сложен кратер базальтовым шлаком и лавой. Из этого конуса излился на юго-запад небольшой лавовый поток. У подножия конуса во многих местах наблюдаются в лавовых образованиях светлые пятна, представляющие собой породы, измененные прежней фумарольной или, вернее, сольфатарной деятельностью.

Юго-юго-восточнее конуса Обманувшего расположен боковой конус Зеленый, заросший кедрачом и березняком. Он более низкий, чем предыдущий. Из него также излился небольшой лавовый поток. Коренные обнажения лавы выходят на его вершине. Деятельность его была в начительной степени эффузивной, в то время как деятельность Обманувшего была больше эксплозивной.

Приблизительно на месте перегиба от более крутого к более пологому южному склону Малого Семячика расположен конус Южный, высотой 75—80 м. Основание его несколько выше, чем основания предыдущих боковых конусов.

Склоны Южного конуса покрыты рыхлым вулканическим материалом. В основании его обнажается дайкообразный лавовый пласт светло-сорого андезита. На вершине конуса расположено чашеобразное кратерное углубление диаметром 15 м и глубиной около 5 м, покрытое мелкими обломками вулканического материала. В этом кратере было обнаружено около десяти небольших и достаточно сильно разрушенных вулканических бомб диаметром от 20 до 60 см и более. Аналогичные бомбы встречаются и на склонах, особенно много их на южном и юго-западном склонах самого вулкана Малый Семячик. Эти бомбы имеют закругленные, караваеобразные, черепахообразные и другие формы. Относительно много там также бесформенных эксплозивных глыб лавы.

Поток волнистой лавы, стекавший с южных склонов Малого Семячика, огибает конус с запада. На восточном склоне Малого Семячика также наблюдаются остатки лавового потока, и на той же высоте и тех же размеров, что и Южный, располагается еще один небольшой конус — шестой по счету.

Вулкан Березовый (Двойной)

Этот вулкан сильно разрушен. Он имеет в плане вид фигурных скобок, вытянутых с запада на восток, с выемкой (может быть, некогда существовавшим кратером), обращенной открытой стороной к северу, с двумя вершинами. Абсолютная высота наивысшей точки, находящейся в восточной

части вулкана, — 875 м, относительная же высота ее — около 400 м. Мною этот вулкан не был посещен.

По наблюдениям же А. И. Морозова и Е. В. Ястребова, восточные и южные склоны нормальные, они покрыты в верхней трети вулкана плитняковыми глыбами светло-серого эффузива, а ниже — обломочным и более мелким рыхлым вулканическим материалом. Падение лавовых и туфобрекчиевых пластов, слагающих остатки вулкана в различных местах, под углом 35—37° и всюду в одну сторону в среднем на северо-восток. Простирание этих пластов СЗ—300°.

Весьма вероятно, что вулкан Березовый является остатком восточного склона существовавшего здесь некогда большого вулкана, поэтому и сохранившиеся пласты падают примерно в одну сторону и под одним и тем же углом.

Северные же склоны (бывшего кратера?) в середине вулкана крутые, местами обрывистые. Низ их покрыт плитняковой осыпью.

Западные склоны вулкана Березового представляют собой род гребня, простирающегося с севера на юг. длиной около 1 км. Западные склоны этого базальтового гребня (обращенные к Малому Семячику) в верхней части представляют собой обрыв высотой 12—15 м, ниже — крутой склон. Восточные склоны гребня пологие. Падение пород, слагающих этот гребень, на северо-восток под углами от 23 до 35°. Это падение вулканических пород к центру вулкана Березового (а не от центра), а также существенное различие в составе пород и морфологические особенности его дают основание считать их самостоятельными вулканическими образованиями, вероятно родственными вулкану Стена.

Западная часть вулкана Березового опускалась в кальдеру. В дальнейшем восточная часть вулкана приняла современную форму под влиянием воздействия комплекса рельефообразующих сил и, возможно, некоторых тектонических разрушений.

Более детально и точно судить о строении вулкана трудно, так как коренные обнажения в большинстве случаев, и особенно в западной его части, покрыты осыпями.

Характерной особенностью этого вулкана является значительное количество даек. В восточной, наивысшей части его вершины обнажаются пять радиально расходящихся базальтовых даек. Дайки прямолинейные, за исключением одной, расположенной на северо-западном склоне вулкана, обращенного в сторону гребня. Она наклонена и зигзагообразно изгибается вдоль своего простирания. Мощность даек до 2—2,5 м, а длина до 10 м. Лава же, выжатая по трещинам на склонах вулкана, образовала длинные дайки — гребни, простирающиеся более чем на сотню метров и возвышающиеся над склонами на многие метры. Одна из даек в западной части вулкана, прорезая пласты под углом около 90°, протягивается до вершины в виде длинного гребня прямолинейного направления, на котором сохранились отдельные скалы. В верхней части вулкана дайка изгибается и переходит в обычный лавовый поток, излившийся в северо-западном направлении.

Это вулканическое образование интересно еще и тем, что на нем вблизи вершины, на площадке в несколько квадратных метров, было обнаружено большое количество грушеобразных или веретенообразных вулканических бомб, весом от нескольких десятков граммов до нескольких килограммов. Следует также отметить, что, кроме этой площадки, было обнаружено вблизи других вулканов Семячинского района сравнительно небольшое количество бомб.

Таким образом, массив Березового является древним вулканическим сооружением, сильно разрушенным последующими вулкано-тектониче-

сними (с образованием кальдеры) и денудационными процессами, вследствие чего, а также кратковременности наблюдения, трудно восстановить его первоначальную форму.

Остатки вулкана Стена

В 8 км к востоку от Малого Семячика находится оставшаяся после образования кальдеры часть вулканического сооружения. Это сооружение представляет собой часть существовавшего некогда восточного склона, ныне срезанного кальдерой вулкана. Западные его склоны крутые или обрывистые, вследствие чего это вулканическое сооружение названо Стеной. Восточные же склоны относительно пологие. Крутой, местами обрывистый западный склон Стены вытянут в меридиональном направлении. В плане же он имеет очертание пологой дуги, выпуклой на восток в сторону Тихого океана. Расстояние между крайними северной и южной точками этой дуги 6—6,5 км. Эта дуга представляет собой как бы часть (примерно одну шестую) окружности с радиусом, равным 9—10 км, и гипотетическим центром, лежащим в районе южного кратера Малого Семячика.

Максимальную относительную высоту, равную 350 м, вулкан Стена имеет в своей южной части. От этой главной вершины склон Стены идет на север, сначала относительно круто, затем, на высоте 200—250 м над поверхностью дна, переходит в пологую, постепенно понижающуюся к северу поверхность и оканчивается двумя симметрично вытянутыми плоскими мысами. Склон Стены от главной вершины на юг сначала крутой, переходящий вскоре в левый обрывистый берег верхнего течения р. Березовой. Вся вершина Стены представляет собой узкий гребень. К югу же и особенно к северу ширина гребня постепенно увеличивается и превращается в поверхность, слабо наклоненную на восток в сторону Тихого океана.

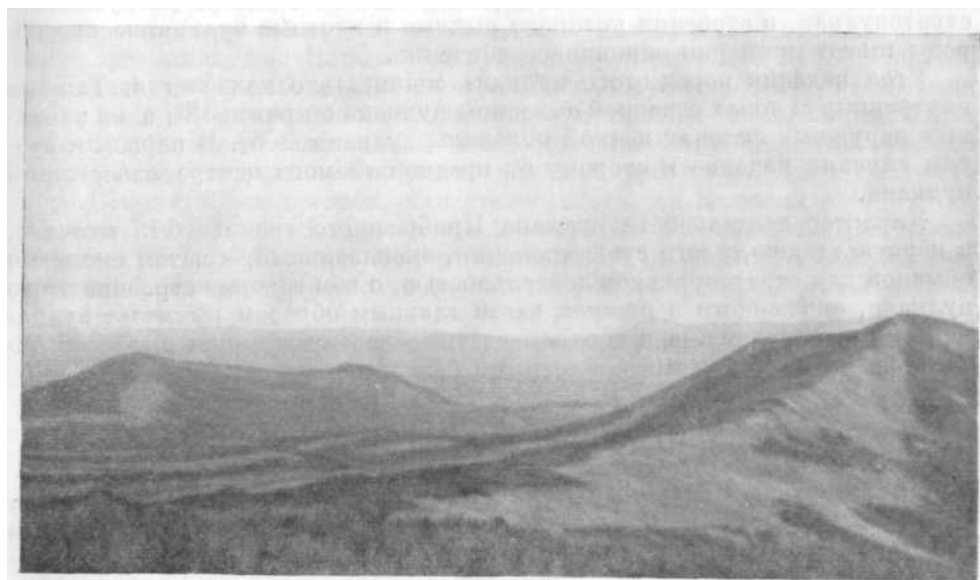
В западных обрывах Стены, к северу от ее главной вершины, обнажаются три прекрасно отпрепарированные дайки, расположенные радиально к ее вогнутости. Мощность их от 3 до 5 м. Четвертая дайка, расположенная в самой высокой части Стены, имеет не прямолинейные, как предыдущие, а зигзагообразные формы очертания, соответствующие форме той трещины, которую заполнил материал дайки при своем внедрении.

Западные крутые склоны Стены сложены потоками мелкозернистого темно-серого базальта, всюду падающего на восток, чередующегося с пирокластической породой. Под лавовыми потоками, в основании Стены, залегает вулканическая туфобрекчия. Вытянутость в меридиональном направлении Стены и гребня вулкана Березового, резкая у обоих асимметрия склонов и одинаковый петрографический состав как будто подтверждают их генетическое родство. Гребни Березового и Стены расположены на одной сбросовой линии, по которой произошло разрушение последнего.

Вулкан Прибрежный северный

Этот вулкан (фиг. 37), расположенный к востоку от Стены и юго-востоку от вулкана Березового (Двойного), посетили А. И. Морозов и В. Д. Троицкий. По их наблюдениям, вулкан Прибрежный северный представляет собой полуразрушенный шлаковый конус, обращенный открытой стороной к океану. В плане он имеет вид подковы. Этот шлаковый конус расположен на одном из древних лавовых потоков, на котором он, по-видимому, и возник. Южная половина конуса значительно выше северной. Наибольшая его высота — 580 м над уровнем океана, а относительная — 150 м.

Внутренние склоны подковообразного конуса значительно более крутые, чем наружные, во многих местах даже обрывистые. Наружные склоны в верхней части покрыты россыпью из щебенки, ниже россыпи — травой и кустарником. Растительностью покрыты и внутренние склоны, за исключением скалистых, обрывистых участков. Вершина конуса покрыта труднопроходимым кедровым стлаником.



Фиг. 37. Прибрежный северный и Прибрежный южный вулканы.
Фото В. Д. Троицкого.

Конус сложен красноцветным массивным туфом без признаков слоистости. Порода очень прочная, плотно сцементированная, состоящая из относительно мелких обломков базальта, отношение обломков к цементу близко единице.

Деятельность этого шлакового конуса заключалась, по-видимому, только в выбросах рыхлого вулканического материала различной величины, а также полужидкой еще пластичной лавы, отдельные комки которой, в настоящее время уплотненные и сцементированные, образуют тело шлакового конуса. Однако лавовые потоки, которые можно было бы связать с деятельностью этого конуса, не были обнаружены.

Вулкан Прибрежный южный

Прибрежный южный вулкан расположен в 3 км к югу от вулкана Прибрежного северного. Его абсолютная высота 685 м, а относительная — около 200 м.

По А. И. Морозову, этот Прибрежный южный вулкан имеет характерную для многих потухших вулканов форму эрозионного цирка. С трех сторон этот цирк окаймлен остатками вулканического сооружения, а с четвертой восточной стороны он открыт в сторону океана.

Диаметр цирка, образовавшегося, вероятно, из кратера вулкана, в среднем сечении равен 900—1000 м. В наружных склонах вулкана, особенно с западной стороны, отчетливо заметно периклинальное строение вулка-

нического конуса, представленного чередованием лав и рыхлых, уплотненных туфовых участков, переслаивающихся с пузырчатым вулканическим шлаком, представляющим поверхностную часть отдельных лавовых потоков. Под лавовыми потоками залегает толща (видимая мощность 10—12 м) плотной массивной туфобрекчии с едва заметной сортировкой материала, вследствие чего создается впечатление некоторой слоистости.

Прибрежный южный вулкан представляет собой сильно разрушенный стратовулкан, в строении которого рыхлые и плотные вулканические породы имеют примерно одинаковое значение.

Угол падения пород этого вулкана значительно колеблется. Так, на внутренних склонах северной половины вулкана он равен 18°, а на западных наружных склонах южной половины вулкана — 5°. В первом и втором случаях падение в сторону от предполагаемого центра извержений вулкана.

Характер деятельности вулкана Прибрежного южного был вначале, в первую стадию своего существования, эксплозивный, а затем сменился обычной для стратовулканов деятельностью, о чем говорит строение этого вулкана, сложенного в нижней части главным образом рыхлыми вулканическими породами, а в верхней части — чередующимися рыхлыми базальтовыми отложениями с плотными базальтовыми же лавами.

Вулкан Ступенчатый бастион

На юго-запад от Малого Семячика расположен невысокий вулкан Ступенчатый бастион, почти весь заросший березняком и кедровым стлаником. Его абсолютная высота 877 м, а относительная — около 200 м.

Морфологически этот вулкан представляет собой два, один на другом поставленных «цилиндра», из которых верхний меньшего диаметра, чем нижний. На верхнем «цилиндре» расположены два купола овальной формы. Верхняя наружная часть нижнего «цилиндра» вокруг склонов верхнего «цилиндра» представляет собой не то террасу, не то неглубокую долину, окаймленную снаружи валом из глыб андезитовых лав. Аналогичная долина и аналогичный вал наблюдаются и на верхнем «цилиндре». На этой долине, в западной и восточной частях между валом и куполами, находятся небольшие высыхающие летом озера.

Долины на террасоподобных уступах являются, возможно, остатками от некогда существовавших кратеров или же образовались в результате снеговой и водяной эрозии. Но вряд ли всю форму вулкана можно приписать абрадирующей силе только снеговых пург. Эти террасоподобные уступы неодинаковой ширины. Хорошо они развиты в северной половине вулкана, где максимальная ширина этих уступов достигает 125—130 м. В южной же части они небольшие.

По небольшим и, к сожалению, редким из-за густой растительности коренным выходам плотных андезито-базальтовых лав, отсутствию шлаков и рыхлого вулканического материала трудно восстановить в деталях историю формирования вулкана. Во всяком случае это — экструзивное образование. По-видимому, произошли три экструзии лав, причем окончание первой завершилось образованием кратера оседания.

Наличие глыб различных пород в долине на нижнем «цилиндре» говорит о том, что при второй экструзии или были выжаты захваченные в канале глыбы других пород или экструзия окончилась небольшим **взрывом**, выбросившим эти глыбы. Последняя, третья экструзия дала два небольших овальных купола, образующих ныне вершину вулкана.

НЕКОТОРЫЕ ЗАМЕЧАНИЯ И ВЫВОДЫ ПО ВУЛКАНИЧЕСКИМ ФОРМАМ РЕЛЬЕФА

Из приведенного материала видно, что в Семячинском районе наблюдаются вулканы различной формы и среди них значительное количество куполов нескольких разновидностей, с относительной высотой от 100 до 300 м. Если принять во внимание расположенный вблизи Ступенчатого бастиона радиальный купол Сухой, а также находящийся несколько дальше к юго-западу, за Карымским вулканом, радиальный купол Крайний (которые в моей работе 1947 г. описаны как вулканы звездчатого типа, но правильнее относить их к радиальным куполам), то Карымский район и особенно район Большого Семячика богаты куполообразными вулканическими сооружениями. Особенно насыщена ими территория Центрального Семячика, на которой, как упоминалось, на площади в 40 км² находится 18 куполов. Насыщенность значительно большая, чем (насколько известно по литературе) у самого насыщенного побочными образованиями вулкана Мефана в Греции, где на площади 80 км² расположено 24 купола (Leyden, 1936).

Кроме того, в Семячинском и Карымском районах находятся купола как отдельно и самостоятельно образующиеся (например, Ступенчатый бастион, Сухой и Крайний), так и связанные с другими, более крупными вулканическими сооружениями (купола, приуроченные к Центральному Семячику).

Как известно, внешние формы лавовых вулканов зависят главным образом от вязкости лавы, которая, в свою очередь, связана отчасти с определенной стадией эволюции магмы. Последняя является одним из главных факторов, влияющих на форму образующегося вулкана. Другими важными факторами являются тип извержений и количество излившейся или выжатой лавы.

Вязкость, в свою очередь, зависит от состава магмы (лавы), количества растворенных в ней газов и количества свободной газовой фазы в жерле вулкана, температуры в момент появления лавы на земной поверхности. На степень вязкости лавы значительно влияет газовая составляющая. Известно, что очень подвижная, маловязкая жидкость, теряя газы, становится почти при той же температуре малоподвижной и очень вязкой и, наоборот, на основании экспериментальных данных М. П. Волоровича добавление к лавовому расплаву нескольких десятых процента воды уменьшает вязкость расплава в несколько раз.

Рассмотрим с этой точки зрения ряд вулканических аппаратов Камчатки, сопоставив их форму с химическим составом лав, слагающих эти вулканы.

Как известно, на увеличение вязкости влияет главным образом увеличение содержания кремнезема и глинозема в лаве и в меньшей степени увеличение содержания окиси магния и окиси кальция и, наоборот, на уменьшение вязкости влияет возрастание содержания окислов железа, щелочей, воды и вообще летучих компонентов.

Таблица 3

Форма залегания	Число объектов	SiO ₂ + Al ₂ O ₃
		Fe ₂ O ₃ + FeO + Na ₂ O + K ₂ O + H ₂ O
Конусы	8	4,45—9,28
Купола	14	5,34—9,67
Потоки	6	4,61—8,09

Некоторые авторы характеризуют изменение вязкости лав, образующих вулканические сооружения, коэффициентом, выражающим отношение $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3$ к сумме окислов железа щелочей и воды. Однако примеры, взятые из работ В. И. Влодавца (1940) и Б. И. Пийпа (1941), не дают положительных результатов, как это видно из табл. 3.

Для конусов, куполов и потоков на 28 примерах упомянутый коэффициент колеблется для всех почти в одних и тех же пределах. Следовательно, пользоваться им для отличия конусов от куполов нельзя.

Как показывают цифры содержания окислов, увеличивающих вязкость (как SiO_2 и Al_2O_3) и уменьшающих ее (как окислы железа, щелочей и воды), а также отношения этих двух групп, они не выявляют ясной и определенной закономерности. Это обстоятельство лишний раз говорит о том, что решающим фактором, влияющим на изменение вязкости лавы, а отсюда и на формы лавовых вулканических сооружений, является количество первоначально содержащихся газов, большая часть которых обычно выделяется затем при раскристаллизации и отвердевании лавы в виде свободной (газовой) фазы.

Как известно, куполообразные сооружения образуются как из базальтовых (Н. Williams, 1932; Cotton, 1952) так и андезито-базальтовых лав (Van-Bemmelen, 1949), но чаще всего и из андезитовой, дацитовой и риолитовой лав, т. е. когда содержание SiO_2 в магме достигает соответственно около 60, 65 и 70%.

По форме они обычно представляют собой типичные купола с достаточными крутыми склонами, без лавовых потоков. Однако встречаются купола с небольшими лавовыми потоками — лавовыми языками, как, например, Корона и Еж. Лавы их относятся уже к андезито-базальтам с содержанием SiO_2 56—57%. Купола Корона и Еж представляют собой переходную форму от экструзивных к эффузивным образованиям — от крутых куполов без лавовых потоков к куполам с небольшими лавовыми потоками.

Морфологические изменения вулканических аппаратов связывают обычно с изменением химического состава лавы — эволюцией магмы и утверждают, что определенным стадиям ее эволюции соответствуют определенные формы вулканических сооружений.

Как частная картина истории одного вулканического очага такая прямая связь намечается, однако в общем масштабе известны многочисленные исключения.

Более закономерная связь намечается между формами лавовых вулканических образований, вязкостью лавы и ее количеством.

Как известно, маловязкая лава при очень большом ее количестве дает покровы, потоки и щитовидные вулканы, а при малом количестве — небольшие пологие куполовидные вулканы, которые следовало бы также называть щитовидными вулканами или малыми щитовидными вулканами.

Лава средней вязкости при большом ее количестве дает крупные купола и купола с лавовыми языками, а при малом количестве — малые купола и мамелонны.

Очень вязкая лава при относительно большом ее количестве и значительном диаметре канала образует пирамиды (питоны), а при малом количестве и. относительно малом диаметре канала — обелиски.

Вообще говоря, хорошее представление о форме наземного вулкана дает его профиль. Форма и профиль вулканического сооружения зависят от ряда причин, а именно: состояния, в котором появляется лава на земной поверхности (жидкого, пластичного или твердого), характера проникновения на поверхность (спокойное излияние или выжимание); количественных соотношений текущей лавы и рыхлого материала; отчасти от силы и направления ветра и от атмосферных осадков. Но главными фак-

торами, влияющими на форму вулканических сооружений, являются вязкость лавы и тип извержения.

Некоторые авторы для расчленения форм вулканов на отдельные виды базируются на отношении высоты сооружения к диаметру его основания. Другие авторы пользуются отношением диаметра основания вулканического сооружения к диаметру его канала. Однако оба эти отношения не всегда применимы, так как для типичных конусов и для типичных куполов могут получиться одни и те же соотношения.

Эти оба отношения должны дать представление о крутизне склона, но они в таком виде могут привести к ошибочным выводам. Поясним примерами. Возьмем сооружение высотой 100 м с диаметром основания 400 м. Отношение будет равно 1:4. Но такое отношение может быть у конусообразного сооружения с углом наклона образующей, в частном случае равным примерно 25°, и у купола, если у него вершина достаточно большая, и плоская, с углом наклона опять в частном случае 45°.

Другой пример, касающийся отношения диаметра основания к диаметру канала. Возьмем сооружение с диаметром основания 200 м и диаметром канала 50 м. Отношение будет равно 1:4, причем это отношение сохранится при любой высоте сооружения. Угол же склона, при одних и тех же величинах основания сооружения и канала, будет изменяться с изменением высоты.

Таким образом, ни одно, ни другое отношение не дает, в данном случае, правильного представления о форме вулканических сооружений.

Более целесообразно применять для цифровой характеристики форм вулканических тел и для расчленения их следующую формулу: $\frac{O}{K} \cdot \frac{B}{100}$, где K — диаметр канала вулкана, O — диаметр основания вулканического сооружения, B — высота вулкана.

Чем больше отношение диаметра основания к диаметру канала будет приближаться к единице, тем круче будет склон, и когда диаметры основания и канала будут одинаковые, склон будет вертикальным и только в этом случае высота тела не влияет на крутизну его склона.

Однако применять этот подсчет затруднительно вследствие того, что часто невозможно определить диаметр канала вулкана. Гораздо лучше и целесообразнее разделять вулканы по углам наклона образующей, так как вулканические формы связаны между собой, как это будет видно в дальнейшем, определенной эмпирической закономерностью. Выяснить геометрическую закономерность форм вулканов пытались уже давно, но объектом изучения были главным образом вулканические сооружения, образовавшиеся в результате преимущественно экспозивной деятельности.

Несомненно, угол наклона образующей насыпного вулкана зависит, как это известно, от размеров обломков: песка, лапилли и глыб. При падении песка около кратера он стремится занять положение, соответствующее углу естественного откоса. При падении же и накоплении более крупных глыб образуется более крутой склон.

Этим вопросом, на примерах японских вулканов, занимался еще Мильн (Milne, 1878), который пришел к заключению, что профиль кривой вулканического конуса в верхней половине является логарифмической кривой.

В противоположность Мильну Беккер (Becker, 1885) принял материал конуса не как скопление частичек, а как массу, имеющую лавовое ядро (остов), которое связано с накоплением пепловых частиц, вследствие чего является как бы единым целым.

Остановимся на этом вопросе несколько детальнее, чтобы выяснить, какая существует закономерность в формах вулканических сооружений.

Для этого необходимо разделить вулканические сооружения по ха-

рактеру создающей их деятельности на четыре группы: преимущественно эффузивные, преимущественно экструзивные, преимущественно эксплозивные и преимущественно эксплозивно-эффузивные.

Первые две группы удобнее объединить в одну группу — преимущественно лавовых сооружений. В настоящей работе рассмотрим эту группу и отчасти эксплозивно-эффузивную группу, т. е. те формы, которые встречаются среди вулканических образований Семьячинского района.

Лавовые сооружения имеют ряд форм — от почти горизонтально залегающих покровов и потоков до обелисков, с почти вертикальными склонами.

Углы наклона этих образований приведены в табл. 4 и 5. В последней приведены также содержание в лавах кремнезема и отношения высот некоторых лавовых сооружений к диаметру их оснований.

Таблица 4

Форма вулканического сооружения	Название и местонахождение	Угол склона, °	Какой породой сложен
Покровы, потоки	Исландия	1—3	Базальтом
Щитовидный	»	1—3	»
Пологий конус	На дне Килауэа	5	»
Щитовидный	Мауна-Лоа	6—8	»
Пологий конус	Этна	10	Андезито-базальтом
»	Лавовый шип	10	Базальтом
Куполо-покров	Северная часть вулкана Поикова	15	Дацитом
Экзогенный купол (натечный)	Сахач	22	Базальтом
Конус	Восточный Бараний	25—30	Андезито-базальтом
»	Иванова	35—40	То же
Купол	Купол «с немзой»	40	Андезитом
»	Скалистый	40—45	»
Куполо-obelisk	Крутой	45—70	»
Пирамидальный	О-в Мартиника	45—65	
Обелиск	Пеле	85	Дацитом
»	Шевелуч	75—90	Андезитом

Таким образом, приведенный ряд лавовых сооружений (вулканов) имеет угол наклона образующей от 1 почти до 90°. Какой же признак необходимо положить в основу для систематики этих вулканических сооружений и в частности выделения из них куполов? Как видно из табл. 4 и 5, петрографический состав и кислотность лав не определяют форму вулканов.

По сведениям, имеющимся в литературе (Williams, 1932, von Leyden, 1936) к куполам и родственным им образованиям должны относиться такие вулканические сооружения, которые возникли в результате однократного выжимания вязкой или твердой лавы из канала. Их форма образовалась благодаря наземному накоплению или нагромождению этого лавового материала над каналом и на ближайшем вокруг него расстоянии. При этом Лейден считает, что основной формой является купол напора

Название вулканического сооружения	Содержание SiO ₂ %	$\frac{B}{O}$	Угол склона, °	Форма вулканического сооружения
Собственно Центральный Семячик	48,60—50,20	—	25	Конус
Стена	49,48	—	22	»
Попкова (центр.)	49,88	$\frac{1}{2}$ южн.	Южн. 45	Купол
Большой Семячик	50,64—51,82	—	25	Конус
Плоско-кругленький	52,06	$\frac{1}{5}$	25	»
Южный	52,39	—	—	»
Проблематичный [47]	53,30	—	24	»
Малый Семячик	53,86	—	Южн. 22	»
			Сев. 40	Куполообразный
Ступенчатый бастион	55,32	—	40	Купол
Иванова	55,41	$\frac{1}{3}$	35—45	Конус
Еж	56,20	—	40—45	Длинный купол
Корона	56,32	—	Вост. 40	Купол
			Внутр. 35—45	»
Крутой	57,16	$\frac{3}{5}$	Южн. 45, сев. 50, вост. 70	»
Восточный Бараний	57,75	$\frac{1}{4}$	25	Купол-obelisk
			Сев. 35	Конус
Скалистый	57,88	$\frac{1}{3}$	45	»
Купол «с пемзой»	59,91	$\frac{1}{3}$	40	Купол
Купол «со щитом»	60,22	$\frac{1}{2}$	30—45	»
Западный Бараний	61,41	—	22	Конус
Проблематичный [60, 19]	61,27	—	Сев. 35	»
	61,98	—	Южн. 18—24	»
Овальный	62,76	$\frac{1}{3}$	30—40	Купол
Купол «с кратером»	62,84	$\frac{1}{3}$	40—45	»
Полукупол	63,28	$\frac{1}{3}, \frac{1}{4}$	40—45	»
Карымский	64,60	$\frac{1}{4}$	28	Конус
Кулакова	66,50	$\frac{1}{3}, \frac{1}{6}$	30—40	Купол
Попкова (северн.)	67,02	—	Сев. 15	Куполо-покров.
Черный	—	$\frac{1}{2}$	45	Купол
Южно-центральный	—	$\frac{1}{2}$	45	»
Второй «со щитом»	—	—	45	»
Обелиск Пеле	—	$\frac{2}{5}$	85	Обелиск

(Staukuppe), а его крайними формами, смотря по вязкости магмы, экзогенные лавовые натечные купола (Quellkuppe) и твердые экструзии — обелиски.

Однако морфология этих куполов у Лейдена (von Leyden, 1936) описана очень расплывчато. Так, он относит к куполам напора в узком смысле — купола с углом склона от 15 до 45° и в редких случаях больше (например, Пюи де Дом имеет угол склона 80°), т. е. достаточно пологие и достаточно крутые вулканические формы.

Высота куполов, по литературным данным Лейдена, колеблется от нескольких метров до 1000 и более метров, но у большинства куполов —

от 100 до 300 м, причем 38,6 % составляют купола высотой до 100 м, 18,6% — высотой до 200 м и 17,1 % — высотой до 300 м.

Среди них куполов с крутыми склонами, т. е. имеющих, по Лейдену, отношение высоты к диаметру основания от $\frac{1}{2}$ —до $\frac{1}{3}$, около 58%.

Лавы, образующие купола, имеют разнообразный химический состав. Содержание кремнезема в них от 45 до 75%.

Лейден разделяет купола по форме на пять видов: обелиски; лавовые пробки (плуги); глыбовые купола, или первичные брекчии; купола напора, или эндогенные, и натечные купола, или экзогенные.

Первый вид — обелиск отличается плотной структурой с милонитовым колпаком и с вертикальным строением; отвердевает он перед экструзией очень вязкой лавы. Отношение диаметра основания к диаметру канала близко к единице.

Второй вид — лавовая пробка представляет собой вязкую, плотную по структуре или мелко раздробленную лаву с брекчиевым чехлом: иногда наблюдаются остатки коры; строение вертикальное. Отвердевание произошло перед и во время экструзии. Отношение диаметра основания пробки к диаметру канала равно примерно единице (или больше ее).

Третий вид — глыбовый купол (первичная брекчия) представляет собой автобрекчию с крутостоящими краевыми перевернутыми глыбами. Отвердевание произошло во время экструзии. Диаметр основания больше диаметра канала. Лава средней вязкости.

Четвертый вид — купол напора, или эндогенный купол, из относительно маловязкой лавы, обладает плотным ядром и брекчиевой корой с крутостоящими краевыми перевернутыми глыбами. Отвердевает в течение экструзии и после нее. Диаметр основания больше диаметра канала.

Пятый вид — натечный купол, или экзогенный купол, образуется натеканием сквозь относительно узкий канал маловязких лавовых пластов один на другой. Строение лавы в канале вертикальное, а в куполе — полого падающее к периферии. Отвердевание лавы происходит после экструзии. Диаметр основания больше диаметра канала.

Типичными примерами куполов Лейден приводит обелиски Пеле и Санта Мария, лавовые пробки вулканов Моно и Панумкрatera в Калифорнии и Паулин в Орегоне, глыбового купола Мальберга, купола напора Георгиос и Наутилус в Санторине и натечные купола Колле Умберто и Кастелла д'Искья.

Лейден отмечает также наличие радиальных куполов.

Он считает, что купола не образуют самостоятельных вулканических форм, но они генетически связаны с отдельными большими вулканами или вулканическими группами. С этим мнением Лейдена нельзя согласиться, так как по камчатским материалам существуют и отдельные независимые от ближайших вулканов купола, как, например, Сухой, Крайний, Щапинский и др.

Лейден отмечает связь куполов напора со стратовулканами, с туфовыми вулканами, с большими лавовыми излияниями и сложными вулканами.

Из более двухсот описанных в литературе куполов напора, по подсчетам Лейдена, связаны со стратовулканами 76, с туфовыми вулканами — 25, с большими лавовыми излияниями — 38 и с прочими (сложными вулканами) — 67.

Купола обнаружены в кратерах или кальдерах древних стратовулканов. Во многих случаях они являются эпигенетическими образованиями в позднюю стадию жизни вулкана, как, например, у Санторина, в других случаях являются продуктом ослабевшей промежуточной стадии, как, например, у вулканов Палувех и Мерапи, которые при последующем

возобновлении более сильной вулканической деятельности снова разрушаются.

Некоторые купола, возникающие на склоне или подошве большого вулкана, являются, по Лейдену, паразитическими образованиями.

Лавовые пробки (плуги) связаны с предшествующей эксплозивной деятельностью, сменившейся выжиманием лавы. Примерами такой деятельности вулканов, состоящих из лавовой пробки, заполнившей канал, окруженный на поверхности туфовым валом, могут служить купола-пробки. Моно в Калифорнии, острова Вознесения и Самоа, купол Дафни на Санторине, выжатый в 1925—1928 гг. внутри одновременно образовавшегося туфового вала (Reck, 1936), а также купол Новарупта на Аляске (Fenner, 1920) с его пепловым валом.

Часть куполов связана с большими лавовыми излияниями, как, например, в Малой Азии (Philippson, 1923) в области Лассен-пик (H. Williams, 1929) и Мефана (Leyden, 1936). Последняя область, как уже упоминалось, отличается особой густотой концентрации куполов: на площади в 80 км² расположено 24 купола.

Образование куполов приводит к закрытию канала и обычно по нему новых выжиманий лавы не происходит. Только сильная экспозиция может проложить сквозь купол новый путь, но при этом происходит его разрушение. Чаще всего новая эруптивная стадия прокладывает новый канал и часто вблизи предыдущего, как это было видно и на примерах Семячинских куполов. Периодичность, повторение явлений в одном и том же канале, которое наблюдается у стратовулканов, у куполов, по Лейдену, является невозможным.

Пространственное расположение куполов подчинено, как выше упоминалось, вулканической тектонике, отчасти связанной и с общей тектоникой данной области. У Центрального Семячика купола расположены рядами, грубопараллельными главным тектоническим направлениям Камчатки. На Мефане в Греции, на Диенг-плато на Яве молодые купола концентрируются на краях древнего полигенного фундамента таким образом, что между ними в середине часто образуется округлое пространство. Такое расположение наводит на предположение о существовании в этом месте кальдеры, которая затем была разрушена.

Лейден, рассматривая купола (принимая во внимание и маленькие вторичные натечные купола на базальтовых потоках и т. п.) как спутников больших вулканов или вулканических групп, подразделяет их на первичные и вторичные — паразитические или, чаще всего, эпигенетические образования, связанные с изменениями проявления вулканической силы.

В заключение Лейден обращает внимание при изучении геологически древних куполов на опасность смешать их с интрузивными образованиями, которой можно избежать только детальным и точным исследованием их структурных особенностей и геологического окружения.

Следует отметить, что А. А. Меньшилов (1955) применил отношение Лейдена ($\frac{B}{O}$) не только к экструзивным сооружениям, но и к эффузивным и сопоставлял полученные данные. Он брал высоту конуса над земной поверхностью и длину лавового потока. Для Билюкая получилось соотношение $\frac{0,2}{16} = \frac{1}{80}$. Но длина лавового потока зависит не только от вязкости лавы и ее количества, но и от характера рельефа. Поэтому для эффузивных сооружений не следует применять это отношение, а если применять, то следовало бы учитывать высоту только конуса и его диаметр, или не высоту самого конуса как такового, а высоту его вершины над концом лавового потока. В данном случае упомянутая высота равняется

около 2 км и, следовательно, отношение $\frac{B}{O} = \frac{2}{16} = \frac{1}{8}$, т. е. более близкое к отношениям, даваемым Лейденом.

Рассматривая вулканы с точки зрения их форм, необходимо отказаться от идеальных конусов, куполов и других идеальных форм. В природе под влиянием различных факторов они более или менее изменены, вследствие чего они принимают несколько искаженную форму.

Как уже отмечалось, форму вулкана определяет его профиль или кривая линия, являющаяся его образующей. Так, например, Ключевской и Карымский вулканы имеют притуплённые, несколько неровные в деталях усеченные вершины. От них идут сначала прямолинейные склоны, падающие под углами для первого вулкана 32—35°, а для второго 28—30°, которые затем у подошвы становятся все более и более пологими. Обычно образующая одних вулканов (как, например, Ключевского или Карымского) имеет на вершине ровную или неровную небольшую горизонтальную, чаще всего несколько изломанную линию, резко переходящую на склоне в прямую, падающую под определенным углом, которая затем постепенно переходит вблизи подошвы вулкана в вогнутую длинную кривую.

Образующая других вулканов (как, например, купола Скалистого) представляет собой выпуклую дугообразную (ровную или чаще неровную) кривую на вершине купола, постепенно переходящую в круто падающую под углом 40—45° прямую линию склона, которая или оканчивается прямой или достаточно круто переходит в короткую, относительно полого-вогнутую кривую. Вогнутая кривая для куполов обычно обусловлена осыпью глыб с вершины или со склонов купола. Последние, т. е. осыпи, как явления вторичные для лавовых вулканов, может быть, и не следует учитывать.

Принимая во внимание данные, приведенные в табл. 4 и 5, лавовые вулканические сооружения центрального типа следует расчленить на следующие группы: щитовидные, конусообразные, куполообразные, пирамидальные и обелиски.

Границами этих групп являются: между щитовидными и конусообразными вулканами угол склона от 10 до 15°, между конусообразными и куполообразными — от 35 до 40°, между куполообразными и пирамидальными от 60 до 65°, а более крутые вулканические сооружения, имеющие угол склона более 75°, следует относить к обелискам.

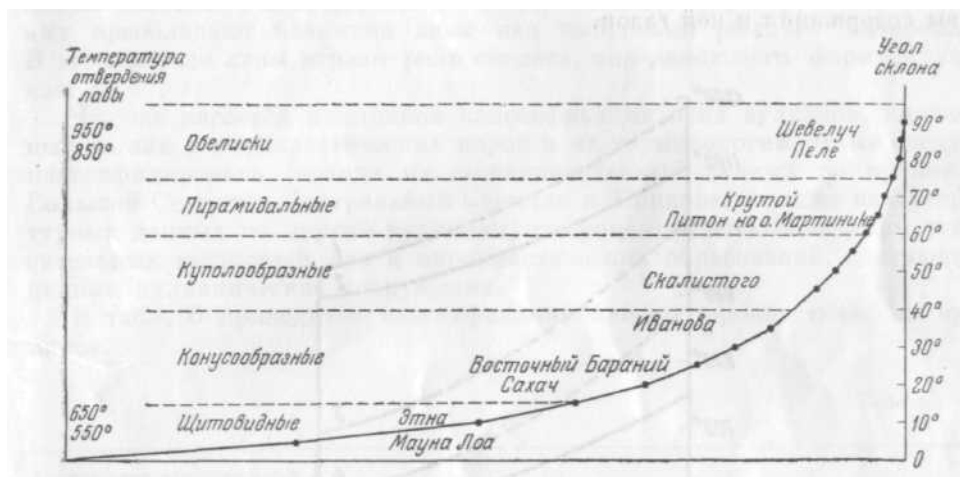
Этот ряд удобно расчленять по форме кривой, образующей данное вулканическое сооружение, рассматривая ее от подошвы до вершины. Щитовидные вулканы характеризуются полого-прямолинейной слабо-выпуклой кривой, конусообразные вулканы — пологой, переходящей сначала в вогнутую, а затем в прямолинейную кривую. Куполообразные вулканы имеют прямолинейно-выпуклую или вогнуто-прямолинейно-выпуклую кривую. Крутая слабо-выпуклая кривая бывает у пирамидальных куполов и очень крутая, почти прямая линия — у обелисков.

Эту зависимость можно представить на следующей схематической диаграмме (фиг. 38), на которой через равные промежутки по вертикали начерчены линии, наклоненные под углом склона соответствующим образующей данного лавового вулкана. Каждая последующая линия образующей идет от конца предыдущей. Все эти линии построены в порядке увеличения угла наклона образующей.

Получается эмпирическая закономерная кривая, указывающая на существование определенной зависимости между формой вулкана и всеми факторами, влияющими на нее, из которых самым главным является вязкость лавы.

В чистом виде она, должно быть, связана с изменением химического состава лав, слагающих вулканические сооружения, что позволяет говорить о связи вулканических форм рельефа с эволюцией магмы. И действительно, как показывают некоторые примеры, определенной стадии эволюции магмы соответствуют определенные формы вулканов. Однако это положение, как уже отмечалось выше, не имеет общего значения, так как известны многочисленные исключения.

Если же рассматривать формы вулканических сооружений исходя из вязкости лавы, образующей вулкан, и ее температуры отвердевания, то как будто исключений нет.



Фиг. 38. Схематическая диаграмма углов склонов лавовых вулканов.

Это объясняется тем, что одинаковой вязкости во время образования тела вулкана могут достигнуть лавы различного химического состава под воздействием тех или иных факторов, среди которых главную роль играют газы, их количество и скорость выделения.

Связь между определенными стадиями эволюции магмы и формами вулканических тел, образующихся из нее, существует, но она часто нарушается другими привходящими обстоятельствами.

Попытаемся выявить закономерную связь между формами вулканических сооружений и вязкостью и температурой лав, образующих эти тела.

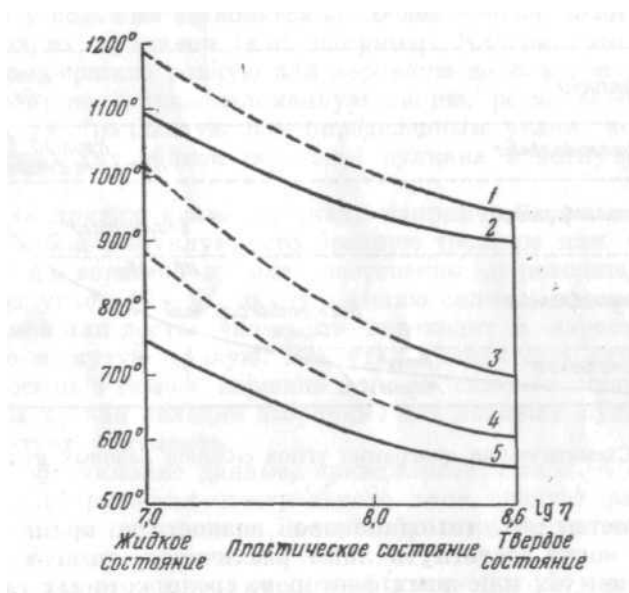
Прежде чем перейти к рассмотрению этого вопроса, необходимо остановиться на некоторых особенностях самого понятия вязкости.

Вязкость зависит от состава и состояния вещества в широком смысле, т. е. от химической природы вещества и от количественных взаимоотношений в нем твердой, жидкой и газообразной фаз, и от его температуры. Поэтому необходимо всегда учитывать, и особенно в применении к лавам, что понятие вязкости неотделимо от температуры вещества. Когда говорят: «Лава более вязкая или менее вязкая», необходимо это представление относить к определенной температуре, т. е. подразумевать, что речь идет о вязкости данного вещества при определенной температуре.

Кислые, основные и средние лавы становятся твердыми телами при одной и той же вязкости, или, в цифровом выражении, при одном и том же коэффициенте вязкости, но только этого коэффициента обычные основные лавы достигают при более низкой температуре, а обычные кислые — при более высокой.

По данным Вольфа (Wolff, 1940), переход базальтовой лавы Килауэа, содержащей 22% газов, из жидкого в пластичное состояние происходит при температуре 740° и при коэффициенте вязкости, равном $\lg 7$, а переход из пластичного в твердое состояние происходит при температуре 560° и при коэффициенте вязкости, равном $\lg 8,6$. Переходы базальтовой лавы, совсем не содержащей газов, происходят соответственно при температуре 1090° и коэффициенте вязкости, равном $\lg 7$, и при температуре 890° и коэффициенте вязкости, равном $\lg 8,6$.

Этот пример, кроме того, лишний раз показывает большое влияние на температуру плавления и соответственно отвердевания и на вязкость лавы содержания в ней газов.



Фиг. 39. Кривая температур отвердевания различных лав:

1 — андезит Шевелуча; 2 — базальт, лишенный газовой составной части; 3 — базальт Билукая; 4 — базальт Этны; 5 — базальт Килауэа, содержащий 22,74% газов.

Это видно и по данным для Санторина и Пеле (Wolff, 1938). Что же касается Шевелуча, то отвердевание лав, образовавших купол, происходило, по А. А. Меняйлову (1945) при $930-950^{\circ}$. Экстраполируя по кривой на диаграмме (фиг. 39), можем принять, что переход из жидкого в пластичное состояние лав Шевелуча произошел при температуре 1180° и, следовательно, лава содержала в себе во время отвердевания мала летучих компонентов. Это обстоятельство, по-видимому, и вызвало повышение отвердевания лавы.

Обратимся к вышеприведенной схематической кривой образующих лавовые вулканические сооружения.

Как показывает диаграмма (фиг. 38), получается эмпирическая закономерная кривая. Сопоставляя данные диаграмм 38 и 39, можно сделать заключение, что между углом образующей, которая характеризует форму вулканического сооружения, и температурой застывания лавы существует некоторая связь, выражающаяся в том, что чем выше температура отвер-

девания лавы, тем круче и короче склон, или, наоборот, чем ниже температура отвердевания лавы, тем меньше угол образующей и длиннее склон.

Однако, по-видимому, круче 70° ни жидкая, ни пластичная лавы не могут образовать вулканическую форму рельефа. При образовании же форм со склонами больше 70° выжимая лавы должны быть уже твердой.

В идеальном случае, при определенных условиях, может быть, можно будет решать обратную задачу — по углам образующей определять температуру отвердевания лавы.

Подобную диаграмму можно построить и для вулканических сооружений лавовых и лавово-рыхлых, но только в том случае, если в последних преобладают излияния лавы над выбросами рыхлого материала. В этом случае лавы играют роль скелета, определяющего форму вулканов.

Что же касается принципов классификации этих вулканов, сложенных из лав и пирокластических пород и их терминологии, то их следует классифицировать (исходя из вышеприведенных данных по вулканам Большой Семячик, Центральный Семячик и Попкова, а также из литературных данных по другим вулканам) по процентным соотношениям относительных мощностей лав и пирокластических образований, слагающих данные вулканические сооружения.

В табл. 6 приводится классификация лавово-пирокластических вулканов.

Таблица 6

Содержание относительных мощностей, %		Название вулкана по его строению	Условия образования
лав	пирокластических пород		
90—100	10—0	Слоистый вулкан — гомогенный стратовулкан	Образуется в результате преимущественно излияния лав
40—90	60—10	Стратовулкан — гетерогенный стратовулкан	Образуется в результате периодической резкой смены почти чисто эффузивных извержений почти чисто эксплозивными
10—50	90—50	Смешанный вулкан	Образуется в результате одновременных или почти одновременных эффузивных и эксплозивных извержений
0—10	100—90	Насыпной вулкан	Образуется в результате преимущественно эксплозивной деятельности

В предлагаемой классификации представляют некоторое неудобство термины стратовулкан и слоистый вулкан, так как стратовулкан, как известно, в переводе на русский язык значит также слоистый вулкан.

К. И. Богданович (1910), следуя терминологии А. Штюбеля, стратовулкан называет полигенным слоистым вулканом, а слоистый вулкан — моногенным слоистым вулканом.

Если же учитывать характер пород, слагающих вулкан, т. е. лав и пирокластических пород, то можно эти термины заменить и слоистый вулкан называть гомогенным стратовулканом, а стратовулкан — гетерогенным стратовулканом.

Кальдеры

История Семячинского и примыкающих к нему районов, по сравнению с другими районами Камчатки, характеризуются вулканическими проявлениями огромного, даже, может быть, гигантского масштаба, которые имели большое влияние и на формирование рельефа данной местности. К подобным явлениям относится образование кальдер и других вулканотектонических депрессий.

К ним можно отнести озеро Карымское диаметром около 3 км, окаймленное с юга остатками вулкана Академии наук; кальдеры Карымского вулкана диаметром около 5 км; Малого Семячика диаметром около 15 км; Большого Семячика диаметром около 9 км; котловину реки Гейзерной около 4 км в поперечнике и кальдеры Узона и Крашенинникова размером 9 x 12 км каждая.

Все эти депрессии расположены в полосе длиной около 120 км, простирающейся на северо-восток, т. е. в наиболее ярко выраженном вулканотектоническом направлении Камчатки.

На территории Семячинских вулканов находятся две кальдеры: одна, в которой расположен вулкан Малый Семячик, и другая, менее отчетливо выраженная, в которой расположены вулканы Кулакова, Восточный Бараний, Попкова и другие.

Кальдера Малого Семячика

От кальдеры Малого Семячика хорошо сохранился восточный край, повышенная часть которого была выше описана как восточный склон — остаток исчезнувшего, бывшего ранее на месте кальдеры вулкана, названного нами (Влодавец, Морозов Е. и Троицкий, 1948) вулканом Стена. Может быть, в восточную или северо-восточную часть кальдеры входит часть вулкана Березового (Двойного).

Северо-западный край кальдеры представляет собой гряду, круто обрывающуюся в сторону вулкана Малый Семячик и относительно полого спускающуюся в обратную сторону, т. е. к северо-западу. Сложена гряда из перемежающихся слоев лавы и вулканической туфобрекчии, падающих на северо-запад.

К юго-западу от Малого Семячика находится длинный однобокий (с крутым склоном в сторону Малого Семячика) бугор Желтый, от которого сохранилась только юго-западная часть. Северо-восточная часть представляет собой обрыв. По-видимому, этот бугор является остатком древней кальдеры. Сам вулкан Малый Семячик расположен в кальдере эксцентрично, в северной ее части.

На месте кальдеры Малого Семячика в докальдерный период существовал, видимо, ряд вулканов, остатками которых являются разные по своему строению и отчасти по составу пород вулканические сооружения: Стена, Березовый (Двойной), северо-западная часть кальдеры и бугор Желтый.

После образования кальдеры вулканическая деятельность не заглохла, а продолжалась, в результате чего на дне ее возник вулкан Малый Семячик.

Кальдера Большого Семячика

Следует отметить одну форму рельефа, которая нами наблюдалась издали, непосредственно не была изучена и поэтому имеет пока условное

значение. Это дугообразное опускание участка поверхности земли к югу от изгиба русла р. Старый Семячик, около вулкана Кулакова.

Плато между вулканами Большой Семячик и Узон представляет собой, как уже упоминалось, дол, изрезанный многочисленными то пологими, то крутыми оврагами. Река Старый Семячик, начинаясь на высоте более 900 м над уровнем океана несколькими ручьями, стекающими с Большого Семячика и других вулканических аппаратов этой группы, течет сначала на север, а затем, приняв значительный приток с восточной стороны, круто поворачивает на северо-запад и вскоре на запад, образуя здесь почти правильную дугу. Профиль правого берега реки имеет в этом месте уступообразную форму. Берег внизу, вблизи уровня реки, сложен туфоловой, выше же — возможно лавой. Эта дугообразная полукальдера имеет на запад, север и северо-восток (от правого берега реки) пологий склон, переходящий в обычный камчатский дол. Левый же берег реки значительно, на 100—200 м, ниже правого. На площади (на левом берегу), окаймленной дугообразным изгибом р. Старый Семячик, расположен ряд вулканов. В этом месте наблюдается как бы дугообразное опускание части дола, представляющей, по-видимому, часть кальдеры опускания. Другой (восточной) частью этой кальдеры можно считать вулкан Бурлящий, западная половина которого ниже, как бы сброшена примерно на 60 м по отношению к восточной. Остальные же части или скрыты (на юго-востоке) новыми вулканическими образованиями или (в южной и юго-западной частях) разрушены и размыты.

Таким образом, лучше всего сохранился только северо-северо-западный край. Восточный край кальдеры виден на вулкане Бурлящем, через который, вероятно, прошел разлом. Восточной и юго-восточной стенками кальдеры можно считать восточные обрывы северного и южного кратеров собственно Центрального Семячика. Другие границы кальдеры неясны, так как пока не обнаружено никаких следов.

Быть может, это была полукальдера, образовавшаяся вследствие неравномерного оседания дна или же образовавшаяся на пологом склоне местности.

После образования кальдеры вулканическая деятельность продолжалась весьма интенсивно, о чем свидетельствуют возникшие на дне кальдеры вулканы Кулакова, Восточный Бараний, Западный Бараний, Попкова и другие вулканические образования.

Естественно, возникает вопрос о происхождении этих кальдер. В результате каких процессов образовались они. По нашим неполным материалам трудно определенно разрешить этот вопрос.

Учитывая же достаточно широкое развитие для кальдеры Большого Семячика, в частности на склонах к океану, кислых и других лавовых потоков, туфолов и относительно небольшое развитие пирокластических образований со значительным содержанием в них пемз, можно предположить, что возникновение этой полукальдеры связано с боковыми излияниями и отчасти с относительно сильными извержениями, в результате которых произошло оседание почвы, ставшей дном кальдеры.

В отношении кальдеры Малого Семячика еще труднее разрешить этот вопрос. Можно только предполагать, что в результате сильного взрывного извержения было выброшено весьма значительное количество лавы и газов из вулканического очага, вследствие чего кровля его опустилась в возникшее (в очаге) пустое пространство, образовав на поверхности кальдеру.

Другое предположение, что эта кальдера образовалась в результате вулcano-тектонических причин.

Как уже упоминалось, район от Карымского до Кроноцкого озер отличается широким развитием достаточно крупных вулканических депрессий. С какими явлениями это можно связать?

Необходимо отметить, что этот район отличается значительным развитием кислых лав и туфолов, а также, особенно в районе кальдеры вулкана Узон, пирокластических пород.

Однако вопросы о генезисе кальдер и о времени происхождения этих пород остаются неясными. Так, в районе Малого Семячика туфолавы возникли, по-видимому, значительно раньше, чем образовалась кальдера, так как их обнажения пока еще не обнаружены ни во внутренних, ни в наружных склонах кальдеры. Возможно, что каналы, по которым туфолавы вышли на земную поверхность, расположены восточнее восточного склона кальдеры, но фактических наблюдений подобного рода у нас пока нет.

Таким образом, в настоящее время приходится считать, что туфолавы района Малого Семячика образовались в докальдерную стадию Малого Семячика.

Что же касается туфолов района Большого Семячика, то те туфолавы, которые обнажаются под вулканом Кулакова и вблизи него на дне кальдеры, возможно возникли после образования кальдеры Большого Семячика.



5. О НЕКОТОРЫХ МОРФОЛОГИЧЕСКИХ И ТЕКСТУРНЫХ ЧЕРТАХ ЛАВОВЫХ ПОТОКОВ, ТУФОЛАВ И ПИРОКЛАСТИЧЕСКИХ ОБРАЗОВАНИЙ

В дополнение к уже сказанному о лавовых потоках в главе «О геологическом строении и истории Семячинского района» следует отметить некоторые черты морфологического и текстурного порядка лавовых потоков, туфолав и пирокластических образований.

Лавовые потоки

Лавовые потоки Семячинского района, относящиеся к четвертичным, обнажаются в обрывах в океан или в долинах и каньонах рек, а относящиеся к современным — на земной поверхности.

О морфологии четвертичных потоков трудно судить, так как видны только отдельные разрезы, по которым можно делать заключения только о строении — текстуре этих потоков. Строение одного из четвертичных базальтовых потоков [16] было описано выше.

Из молодых лавовых образований очень хорошо сохранились потоки Малого Семячика, а также уже описанные потоки Короны и Ежа.

Лавовых потоков Малого Семячика обнажается целая серия. Наиболее древние из них простираются к югу, юго-востоку, западу и в большом количестве к юго-западу. Эта серия потоков прослеживается от самой юго-западной вершины Малого Семячика. Потоки изливались достаточно широким (до 1 км) фронтом и текли, расширяясь на юго-восток, юг, юго-запад и запад.

Только один полузасыпанный поток, по-видимому, наиболее древний, обнажения которого разбросаны отдельными пятнами, сложен волнистой лавой. Остальные обнаженные потоки сложены глыбовой лавой типа аа и представляют собой типичный кекурник. Такими являются лавовый лоток, излившийся к юго-востоку, а также все остальные потоки, излившиеся к юго-западу и западу. Среди последних видны потоки шести излияний, из которых длина каждого последующего, за исключением второго, меньше предыдущих. В результате таких излияний образовались своеобразные лавовые террасы (фиг. 36).

Контуры потока то слабо, то сильно извилистые, похожие то на ствол с толстыми короткими ветвями, то на гигантские листья.

От самого древнего в этом разрезе, будем считать условно первого, потока видны только отдельные скалы кекурника — вершины ошлакованных глыб лавового потока. Остальное засыпано вулканическим пеплом, лапилли и дресвой. Этот базальтовый поток излился на юго-запад и

запад до района вулкана Ступенчатый бастион, который он обтекает с северной стороны. Мощность его по обнажениям в обрыве ручья колеблется от 1 до 2 м.

Второй поток излился в юго-западном направлении почти до Сухого озера. Таким образом, он тек не только выше растительной зоны, но и по кустарникам, а ниже и по березовому лесу. На самом потоке растительности еще нет. Среди этой серии потоков он самый длинный. Мощность второго потока колеблется от 3 до 5 м. Лава на нем занимает примерно такую же площадь, как и вулканический песок, покрывший остальные части потока, за исключением участка, излившегося в растительной зоне, где площадь, занятая лавой, значительно преобладает над площадью вулканического песка.

Лава второго потока в своей юго-западной части принимает форму, переходную от глыбовой (типа аа) к волнистой. Верхняя ее корка образует дуги — полусферы, причем самая верхняя часть ее, мощностью от 1 до 10 см, более плотная, а нижняя более пузырчатая, с удлинненными по течению пузырьками. Этот же второй поток в своей конечной части имеет небольшое ответвление длиной около 200 м, шириной около 15 м и мощностью до 2 м. В этом ответвлении в лаве много пузырьков, но уже шарообразных диаметром от 1—2 мм до 10—20 мм.

Третий поток значительно короче предыдущих. Он веерообразно растекается и кончается намного выше зоны растительности. Мощность его до 10 м, площадь, покрытая лавой, местами преобладает над площадью, покрытой вулканическим песком.

Четвертый поток, мощностью до 15 м, отличается обилием отдельно стоящих скал высотой до 5 м.

Пятый небольшой поток расположен на склоне вулканического аппарата на юго-запад от кратера Троицкого, а шестой поток, еще меньший по длине и вообще по площади, излился на юг от того же кратера.

Все эти потоки представляют собой типичный кекурник, все они без сомнения недавнего происхождения, о чем свидетельствует и то обстоятельство, что второй поток залегает среди растительности, а на потоке ее еще нет.

Упомянутые потоки можно сравнить: первый — на западной подошве Малого Семьячика — с песчаной пустыней, на которой кое-где торчат малые каменные кустики; второй — с каменным кустарником, частично занесенным песком; третий — с каменным кустарником с отдельно выделяющимися каменными деревьями; четвертый — с каменным лесом, состоящим из причудливой формы деревьев. Все же лавовые потоки вместе напоминают хаос сказочного мира.

Строение лавовых потоков однообразно. В середине (но не обязательно в центре) глыбы находится более плотная лава, а по периферии пузырчатая, имеющая большей частью шлакоподобное строение.

Плотная часть лавы имеет самую разнообразную форму (в виде полос, ядер, жил и т.п.) и расположена то ближе к верхней поверхности, то к нижней, то в центре, то с боков. Образование плотной лавы наряду с пузырчатой можно объяснить недостатком энергии газов для их выделения из участков лавы, далее отстоящих от поверхности, т. е. недостатком энергии газов для преодоления давления и вязкости лавы, или быстрым отвердеванием лавы, вследствие скорого, быть может скачкообразного, понижения температуры.

Что же касается более древних лавовых потоков в районе между Третьей и Восьмой речками, то они сплошь покрыты лесом и обнажаются только в обрывах в океан, вследствие чего очень трудно, а во многих случаях без лодок и невозможно рассмотреть их строение.

По общей же конфигурации они имеют вид потоков с крутыми боковыми склонами, полого спускающихся со стороны Большого Семячика к океану.

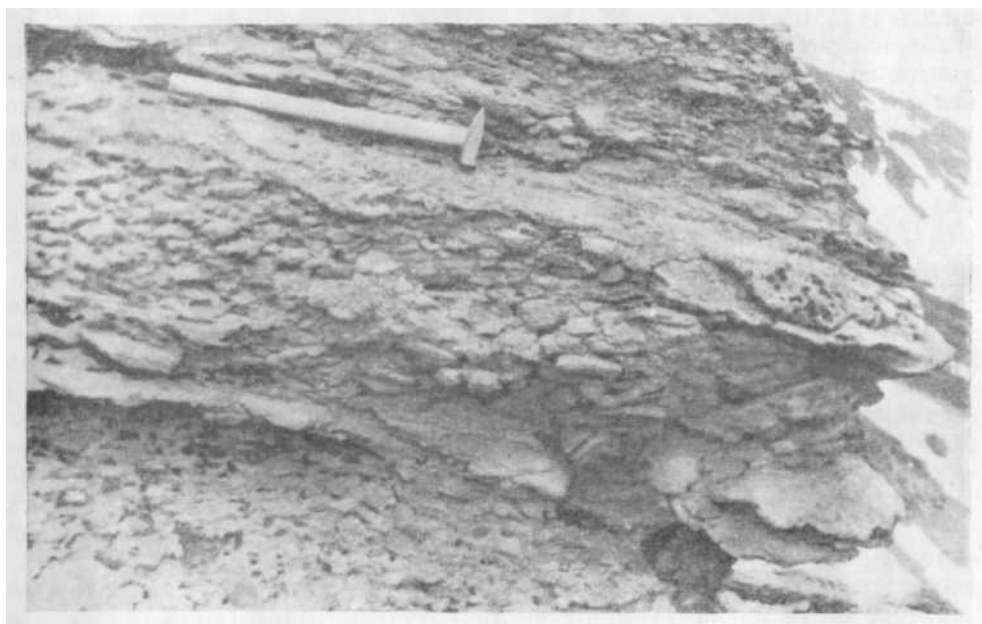
Туфолавы

К приведенным в начале работы сведениям относительно морфологии туфолововых образований следует добавить, что верхняя поверхность туфоловового потока между Первой и Второй речками полого и ровно спускается к океану, в котором он оканчивается абрадированным обрывом. Сам поток и его достаточно крутые края покрыты почвенным и растительным покровами.

Туфолавы южнее р. Семячик налегают на пески с пемзовой дресвой, а севернее ее, в частности между нею и Первой речкой, мощные пемзовые отложения налегают на туфолаву.

Пирокластические образования

В районе Семячинских вулканов находятся как сцементированные пирокластические образования — туфобрекчии, вулканический туф и пемза, так и рыхлые образования — вулканический песок и лапилли, пемзовая дресва и агломератовые потоки — отложения горячих туч.



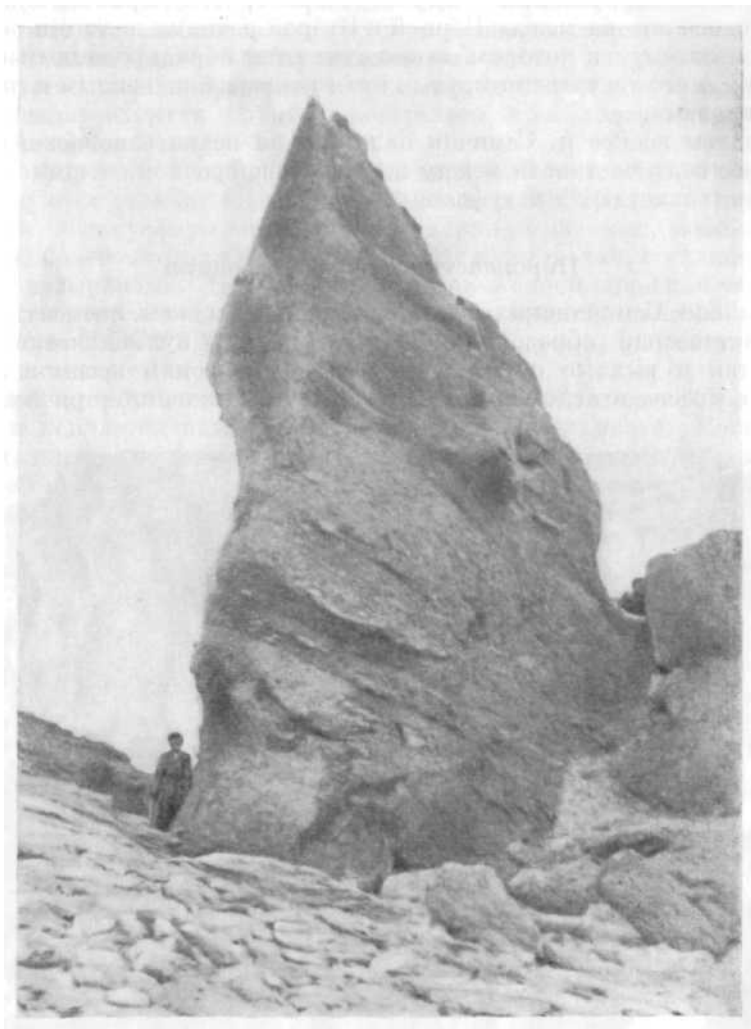
Фиг. 40. Туфобрекчиевая «лава». Фото Е. Ураткова.

Из них вулканическая туфобрекчия является преимущественно составной частью вулканов смешанного типа или стратовулканов Большого Семячика, собственно Центрального Семячика, Попкова и других.

Южный отрог вулкана Проблематичного сложен розовато-серым андезитом, близким к андезито-дациту, вулканическими туфобрекчией и туфом. На высоте начала кустарниковой зоны, по склону отрога, обнажается туфобрекчиевая «лава» [20] с большим количеством обломков провранных пород. Она грубо слоистого или грубо чешуйчатого строения

(фиг. 40) с падением слоистости по склону отрога на ЮВ 135° под углом 10° . Туфобрекчия обнажается отдельными останцами по всему гребню отрога и содержит прослойки вулканического туфа.

Под этой туфобрекчиевой «лавой» на склоне в ручей и у ручья, текущего с восточной стороны отрога, обнажается вулканическая туфобрекчия, состоящая из малых и крупных глыб (до 1 м в поперечнике) андезита,



Фиг. 41. Переслаивание туфобрекчий с туфами. Фото Е. Ураткова.

сцементированных, по-видимому, таким же андезитовым песком. Таким строением и отсутствием слоистости и сланцеватости она отличается от вышеупомянутой туфобрекчиевой «лавы», обнажающейся на вершине отрога. Видимая мощность вулканической туфобрекчии у конца отрога значительная — около 100 м, а выше по ручью несколько уменьшается.

Фиг. 41 хорошо иллюстрирует чередование более крупнообломочного пирокластического материала с мелким туфовым материалом. Эта вулканическая туфобрекчия образовалась в результате эксплозивной деятельности.

Туфобрекчия, образовавшаяся на вершине купола Крутого, — другого генезиса. На самой верхней части этого купола и ее южном склоне залегает светло-зеленая андезитовая туфобрекчия [37] того же состава, что и плотный светло-зеленый двупироксеновый андезит [36], слагающий сам купол. Эта туфобрекчия является продуктом раздробления верхушек и загрязнения их обломками пород, прорванных куполом. Она образует своего рода брекчиевый чехол или колпак (по Лейдену) над куполом.

Пемза встречается то в виде дресвы в обнажениях на океанском берегу, то в виде отдельных редких кусков величиной до 30 см в поперечнике, лежащих на некоторых вулканических сооружениях, как, например, на куполе «с пемзой». Одно из обнажений пемзы, простирающееся на протяжении около 2,5 км вдоль океанского берега, представляет собой относительно крепко сцепившуюся сплошную массу мощностью до 10—15 и без заметной слоистости (фиг. 10).

Свежего вулканического песка и лапилли наблюдается больше всего около вулкана Малый Семячик на дне кальдеры и отчасти на более древних лавовых потоках, значительно меньше — в районе Большого Семячика, где эти образования залегают на относительно более древнем лавовом потоке к юго-востоку от Центрального Семячика.

Обилие вулканического песка и лапилли у Малого Семячика объясняется весьма сильным эксплозивным извержением, которое, по К. Дитмару (1901), произошло в начале XIX века.

Эти отложения образуют как чистые песчаные или песчано-брекчиевые скопления, так и особые образования, которые можно назвать песчанолавовыми. Последние образуются на неровной поверхности лавового потока с кекурником. Вулканический песок заполняет все неровности, в результате чего образуется в общей массе песчанолавовая порода. Излияние нового лавового потока может покрыть и закрепить такую породу.

Отложения горячих туч и лавин

К югу и юго-востоку от купола Скалистого, на относительно недавно излившемся лавовом потоке (покрытом в значительной степени вулканическим песком и дресвой, на которых уже растут редкие кусты ольховника), хорошо различаемом по кекурам, видны валоподобные скопления рыхлого материала, состоящего из крупных и мелких глыб лавы, хаотически расположенных без всякой сортировки среди дресвы и вулканического песка. Из них особенно четко выделяется одно такое скопление, более длинное, чем другие (около километра). Оно отличается еще и наличием редких глыб огромных размеров, измеряемых сотнями кубических метров.

Наличие огромных глыб, отсутствие сортировки обломочного материала и валоподобная, относительно узкая форма залегания свидетельствуют о том, что образование является отложениями горячей тучи. Другие, более короткие скопления рыхлого материала, возможно, являются отложениями лавин, тем более что среди последних нет огромных глыб.

Таким образом, вполне определенно можно сказать, что извержения купола Скалистого сопровождалась горячими тучами и, возможно, лавинами, а также что эти извержения происходили недавно, предположительно 100—200 лет тому назад.

6. ГРЯЗЕВЫЕ ВУЛКАНЧИКИ

На глинистом дне котловин вулкана Бурлящего и северного кратера собственно Центрального Семячика в зоне грунтовых вод наблюдаются многочисленные, разнообразные по форме и характеру деятельности миниатюрные грязевые вулканчики высотой до 30 см и до 50—100 см в поперечнике. Они являются своеобразным проявлением поствулканической деятельности. Грязевые вулканчики вулканов Бурлящего и собственно Центрального Семячика состоят из глин. Энергию движения им дают выделяющиеся газы, или горячая вода и газы, или одна горячая вода. Горячая вода разжижает глину и выносит ее на поверхность, где и образуются преимущественно глинистые вулканчики.

Температуры грязевых вулканчиков в котловине вулкана Бурлящего были в 1947 г. в пределах 70—96°, а в северном кратере собственно Центрального Семячика — в пределах 62—94°. Грязевые вулканчики в этих местах образуют как положительные, так и отрицательные формы микро-рельефа.

Среди положительных форм встречаются:

1. Конусообразные с кратером (фиг. 42), с маловязким грязевым потоком, как бы покрывшим плащом склоны вулканчика.

Угол склона таких вулканчиков 25°.

2. Куполообразные:

1) Купол «с кратером» и грязевым языком (фиг. 43);

2) купол вздутия (фиг. 44 в кальдере справа);

3) купол грибообразный (фиг. 44 в центре снимка). Формировался, по-видимому, в два приема. В первый прием образовался купол полусферической формы, который отвердел, а затем новая порция глины подняла его и придала грибообразную форму.

3. Трубнообразные, с углом склона около 75°:

1) с круглым кратером (фиг. 45);

2) с овальным кратером.

4. Прислоненный конус с кратером на склоне отрога и с широким грязевым потоком (фиг. 46).

Среди отрицательных форм микро-рельефа наблюдаются:

1. Воронкообразные:

1) воронки в котле (фиг. 47 и 48);

2) микромаары (воронки с окаймляющим валиком).

2. Котлообразные (фиг. 49).

3. Провальные формы:

1) грязевые микрокальдеры (фиг. 50);

2) провалы (фиг. 51);

3) типа «лавового озера» (фиг. 52);

4) сложенная микрокальдера (фиг. 53);



Фиг. 42. Грязевой вулканчик. Фото Е. Ураткова.



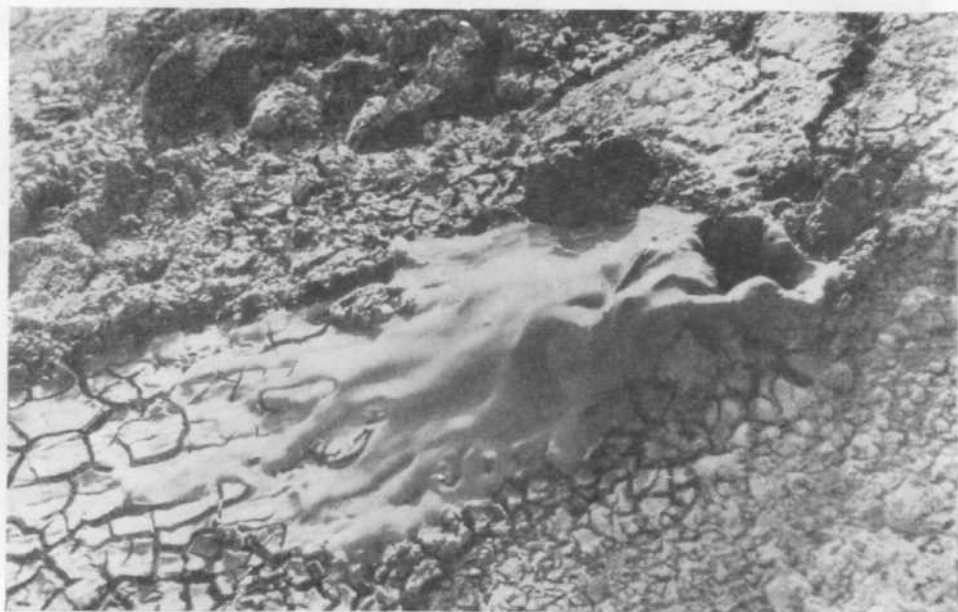
Фиг. 43. Грязевой вулканчик с грязевым языком. Фото Е. Ураткова.



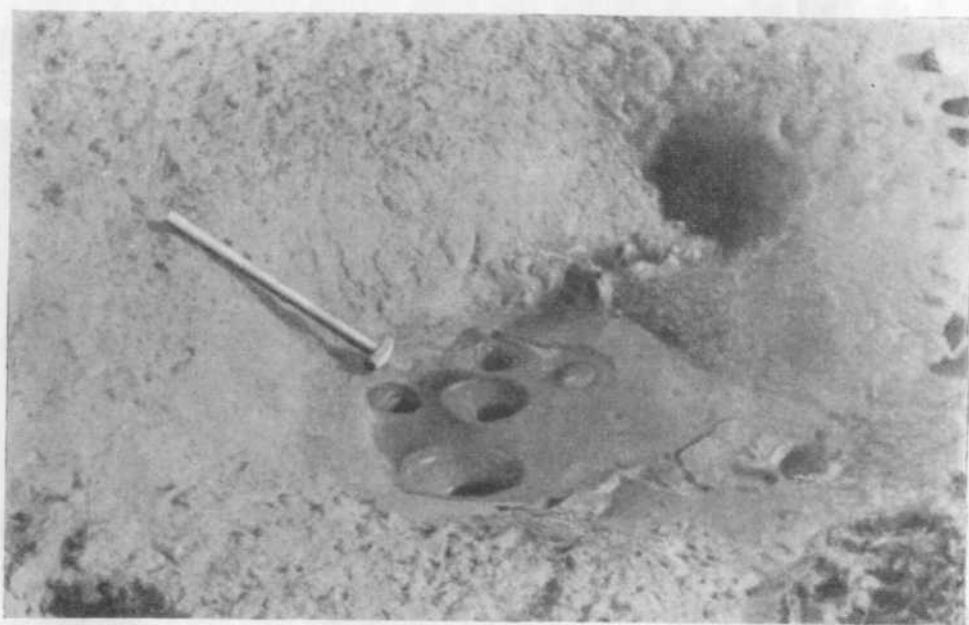
Фиг. 44. Грязевые купола: грибообразный (в центре) и вздутый (справа).
Фото Е. Ураткова.



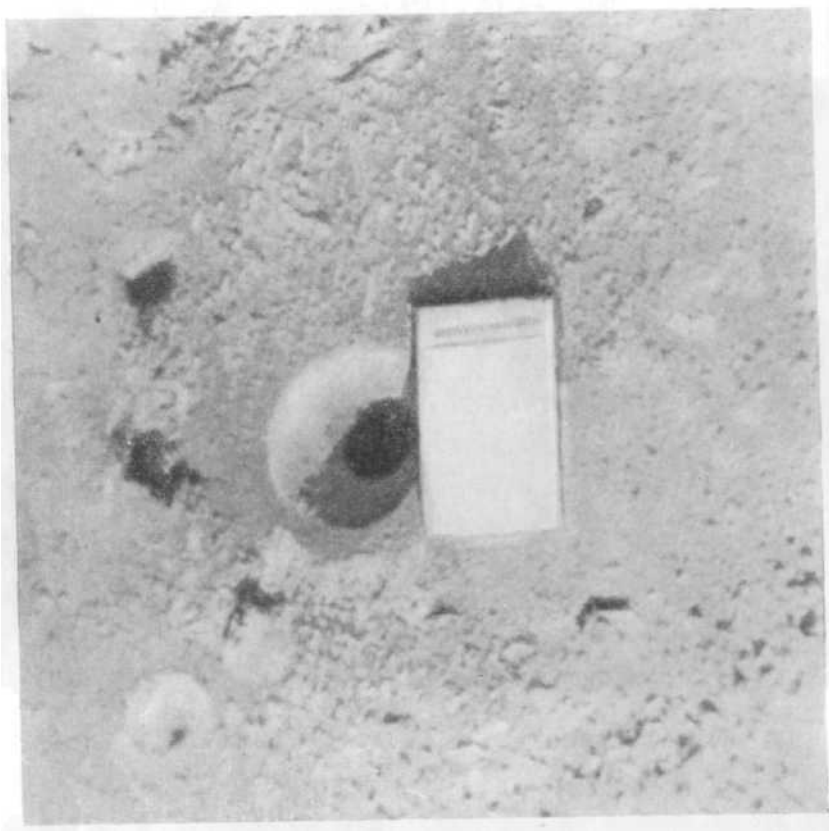
Фиг. 45. Трубкообразный грязевой вулканчик. Фото Е. Ураткова.



Фиг. 46. Вулканчик с грязевым потоком. Фото Е. Ураткова.



Фиг. 47. Воронкообразные кратеры во впадине грязевого вулканчика.
Фото Е. Ураткова.



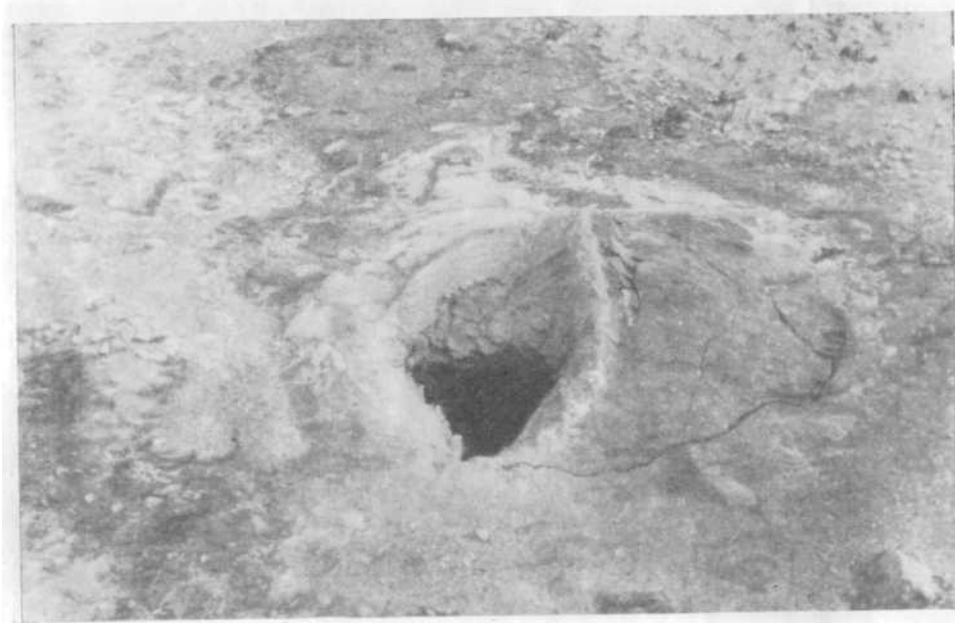
Фиг. 48. Воронкообразный кратер грязевого вулканчика. Фото Е. В. Ястребова.



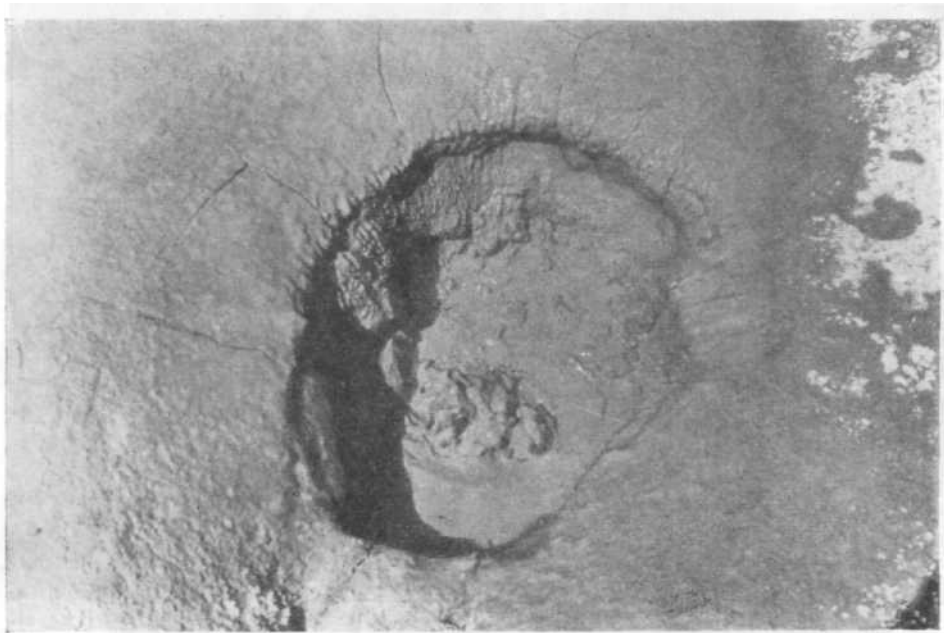
Фиг. 49. Котлообразное углубление. Фото К. Ураткова.



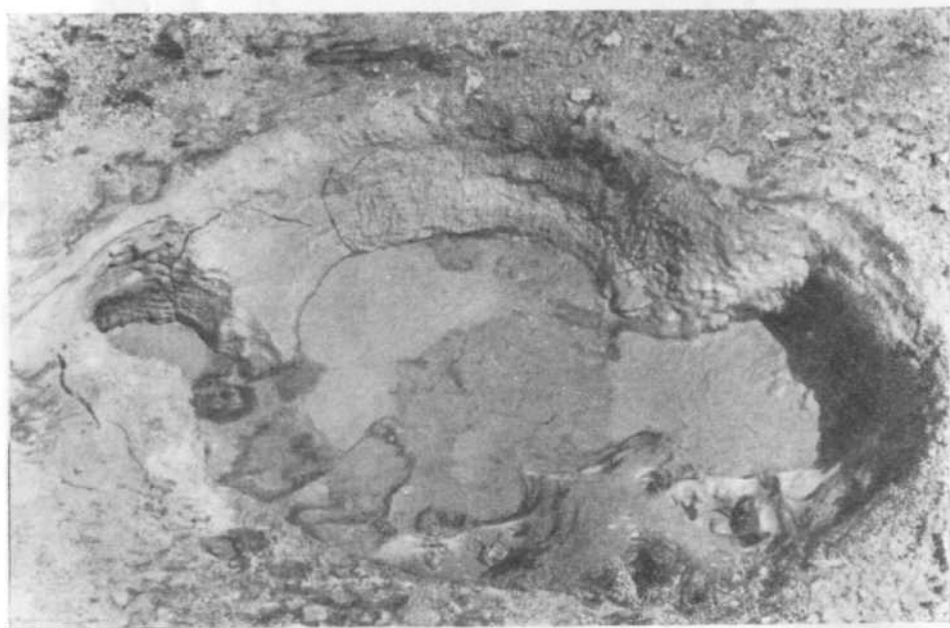
Фиг. 50. Грязевая микрокальдера. Фото Е. Ураткова.



Фиг. 51. Провальный кратер. Фото Е. Ураткова.



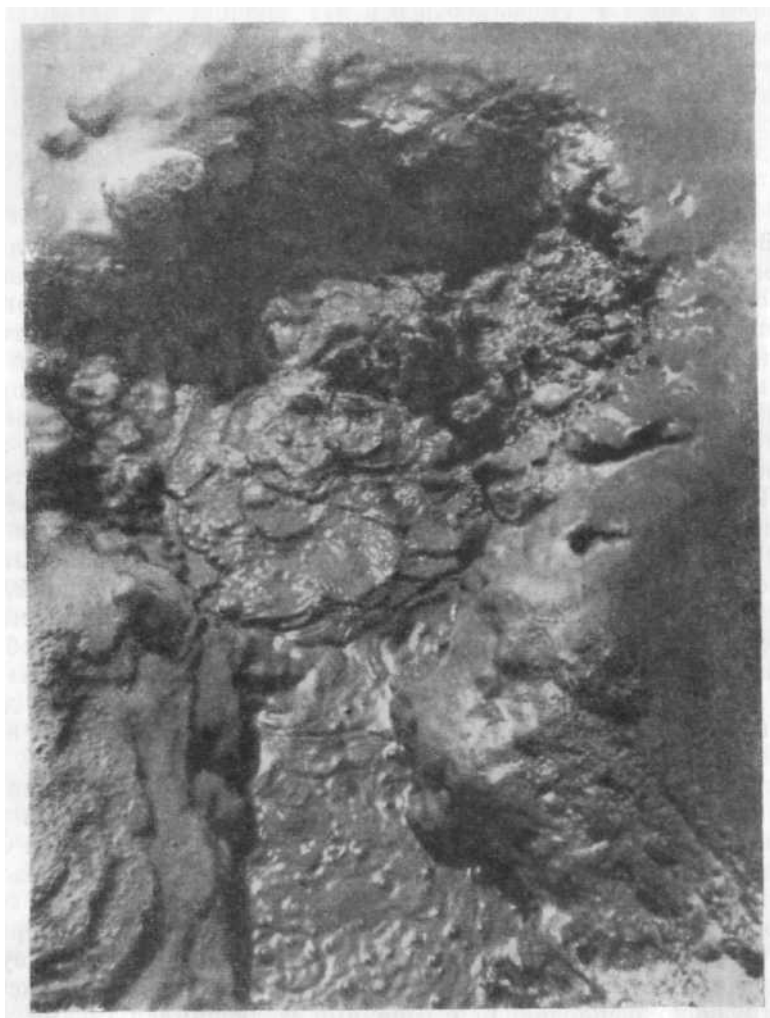
Фиг. 52. Провальные формы типа «лавого озера». Фото Е. Ураткова.



Фиг. 53. Строенная микрокальдера. Фото Е. Ураткова

о) три отверстия при одном грязевом дне.

Деятельность грязевых вулканчиков наблюдалась как одновременная (у нескольких вулканчиков), так и чередующаяся. Она проявлялась в излиянии глинистой массы с образованием грязевого потока, как показано на фиг. 46 и 54.



Фиг. 54. Грязевой поток. Фото Е. Ураткова.

Грязевая деятельность продолжается на вулкане Бурлящем и в северном кратере собственно Центрального Семячика, причем некоторые грязевые вулканчики, образовавшиеся на дне микрокальдеров, действовали, в то время как другие не показывали признаков жизни.

Так, около Дальней фумаролы, вблизи буро-красного озера в 1947 г. на дне грязевой микрокальдеры размером 60 x 40 см и глубиной 15 см было пять действующих грязевых вулканчиков, из которых два рядом расположенных действовали не одновременно, а строго поочередно.

7. ВУЛКАНИЧЕСКАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ

В районе Семячинских вулканов, судя по сохранившимся вулканическим образованиям, происходили, начиная с четвертичного времени, весьма интенсивные и большого масштаба магматические процессы, сопровождавшиеся сильной и разнообразной вулканической деятельностью.

Эта деятельность сначала была взрывной, обусловившая значительные выбросы пемзы и другого обломочного материала, затем проявлялась в излиянии лав и туфолав, потом снова стала взрывной, в результате чего было выброшено большое количество пемзы, вслед за этим опять проявлялась в излиянии туфолав и образовании пирокластических пород. После этого наступила стадия чередующейся взрывно-эффузивной деятельности, которая создала еще в доледниковое время стратовулканы и смешанные вулканы: Большой Семячик, Центральный Семячик, Проблематичный, Попкова, Западный Бараний, Бурлящий, Стена.

Взрывно-эффузивная стадия у Центрального Семячика сменилась явно уже в послеледниковое время экструзивной, приведшей к образованию ряда типичных куполов (купол «со щитом», купол «с пемзой» и др.), которая в недавнее время сменилась экструзивно-эффузивной деятельностью, в результате которой образовались купола с лавовыми языками (Еж и Корона).

Неясно время возникновения отдельных более крупных куполообразных вулканов — Ступенчатого бастиона, Сухого, Кулакова. Из них два последних более кислые, чем купола, связанные с Центральным Семячиком. Связаны они, по-видимому, с обособленными очагами и образовались значительно раньше куполов Центрального Семячика.

Таким образом, во всем Семячинском районе, начиная с четвертичного и по настоящее время, происходили следующие разновидности вулканической деятельности: эффузивная, эффузивная туфолавовая, экструзивная, экструзивно-взрывная с горячими стелющимися тучами, экструзивно-эффузивная и взрывная.

Современная вулканическая деятельность

Современная вулканическая деятельность сосредоточена в настоящее время в двух кратерах собственно Центрального Семячика, в котловине вулкана Бурлящего и в южном кратере (Троицкого) вулкана Малый Семячик.

Вулканы собственно Центральный Семячик и Бурлящий находятся в сольфатарной стадии деятельности, а Малый Семячик — в стадии редких извержений.

По наличию свежих лавовых языков и куполов у Центрального Семячика можно предположить, что и он еще находится в стадии очень редких извержений, но достоверных сведений об его извержениях в прошлом нет

Существуют только непроверенные сведения (Набоко, 1954), что в районе Центрального Семячика в 1953 г. произошло извержение.

Сольфатарная деятельность собственно Центрального Семячика как выше упоминалось, сосредоточена в северном и южном его кратерах, причем в первом она более интенсивна.

В северном кратере деятельность приурочена как к отдельным выходам сольфатар в котловине, так и к небольшому Черному озеру — лагони. Вода этого озера покрыта черной пленкой, но сама вода серовато-стального цвета от взмученной в ней грязи такого же цвета. С. Крашенинников (1755) сравнивал цвет этого озера с цветом китайской туши.

Предположительно эта черная пленка состоит из сернистого железа, образуя, вероятно, минерал гидротроилит или мельниковит, так как среди выброшенных на берег обрывков ее изредка наблюдались очень мелкие зерна латунно-желтого цвета, являющиеся, по-видимому, марказитом или пиритом, образовавшимися за счет упомянутых черных минералов.

Из-за зыбких, топких берегов озера не удалось собрать достаточное количество вещества черной пленки (Е. Ф. Уратков, пытавшийся это сделать, провалился у берега по колено в нагретые отложения, температура которых оказалась равной 94° , и обварил ногу).

Можно предположить, что вещество черной пленки выносилось из глубины во время выбросов водянистой грязи. Если это так, то наличие этой пленки — гидротроилита или мельниковита (?) говорит о восстановительной среде в несколько более глубоких местах или зонах кратера, в то время как на земной поверхности и вблизи ее происходят интенсивные окислительные процессы, как это будет видно в дальнейшем при описании образования фумарольных серноокислых минералов.

Температура воды у зеркала озера близ берега была в конце сентября 1946 г. $+88^{\circ}$, в августе 1947 г. $+80^{\circ}$. В истоке ручья, вытекающего из этого озера температура воды была $+58^{\circ}$. Если принять во внимание, что озеро расположено на высоте около 900 м над уровнем океана, то первая величина ($+88^{\circ}$) близка к температуре кипения воды на данной высоте.

От озера все время поднимается пар, то настолько густой, что нельзя различить противоположный берег (фиг. 55), то едва заметный (фиг. 56). Временами густой пар выбрасывался в виде парового фонтана.

Обычно по всей площади озера выделялись мелкие пузырьки паров воды, сероводорода, а возможно, и других газов. В южной части озера эти пузырьки выделялись интенсивнее в двух местах, одно из которых достигало в диаметре около 0,5 м и давало выбросы водянистой грязи высотой 0,5 м. В редких случаях столб водянистой грязи подымался до 3 м над озером (фиг. 57, 58, 59).

Следует отметить, что при посещениях этого озера в 1946 г. выбросы водянистой грязи не наблюдались. Зафиксированы они нами только в 1947 г.

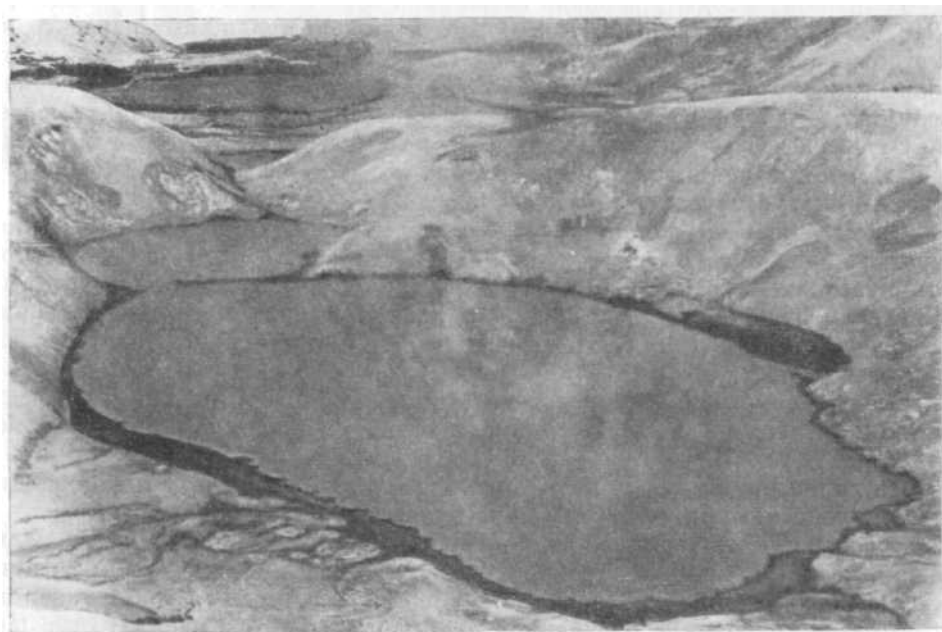
По характеру деятельности Черное озеро можно отнести к непериодическим действующим гейзерам или правильнее к лагони.

В северном кратере собственно Центрального Семячика много сольфатар, которые сконцентрированы главным образом в трех местах: в приозерной сольфатарной котловинке, у Черного озера и у Серных котлов.

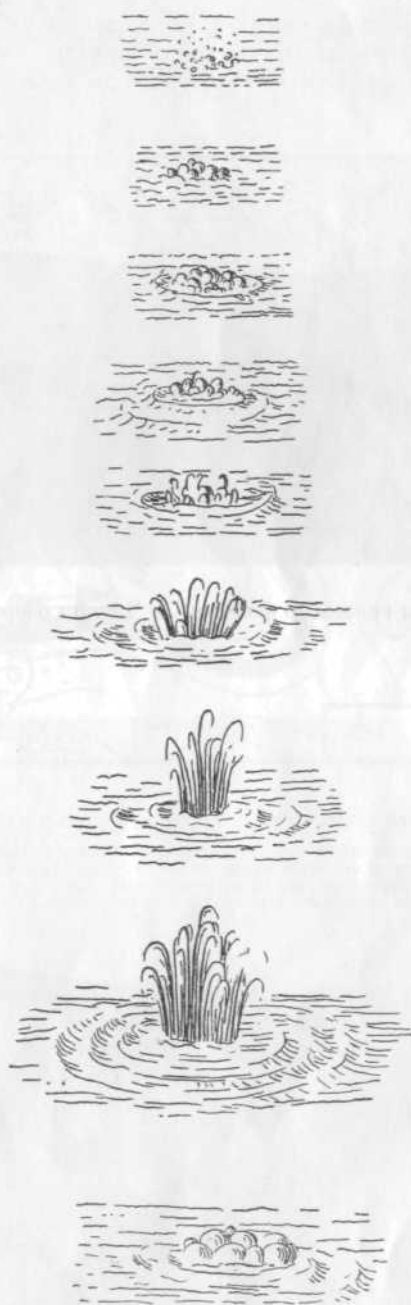
По этой котловинке, сложенной преимущественно из глинистого вещества, протекает, изгибаясь упоминавшийся ранее ручей. В него стекают по межовражным долинам еще более мелкие ручейки. Берег ручья и непосредственно к нему примыкающие склоны оврагов являются сольфатарным полем, на котором расположены чисто газовые сольфатары, газоводяные (брызгающие) сольфатары и грязевые вулканчики.



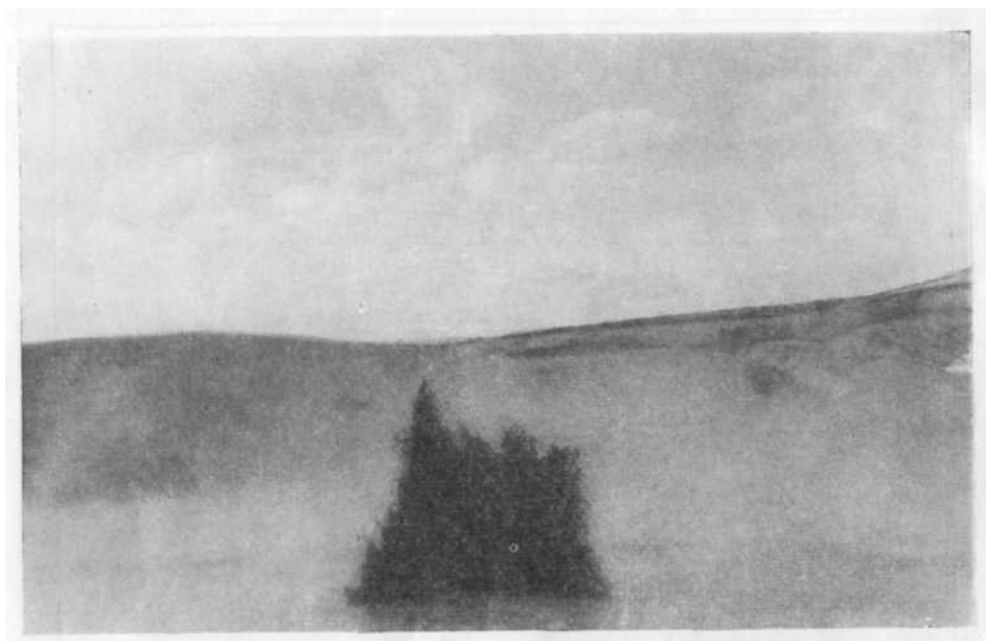
Фиг. 55. Густые пары над Черным озером. Фото Е. Ураткова.



Фиг. 56. Черное озеро. Фото Е. Ураткова.



Фиг. 57. Последовательные выбросы
грязе-водяного фонтана в Черном
озере.



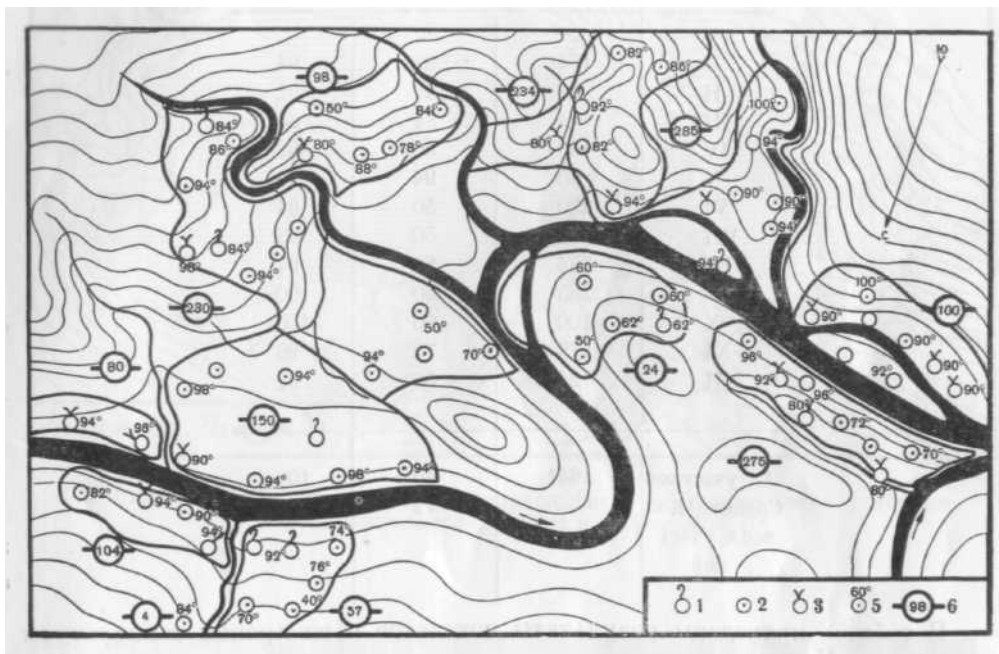
Фиг. 58. Выбросы грязевого фонтана в Черном озере. Фото Е. Ураткова.



Фиг. 59. Выброс грязевого фонтана в Черном озере. Фото Е. Ураткова.

У выходов сольфатар, преимущественно газовых, особенно в сухую погоду, на глине около камней образуются фумарольные минералы (наросы), чаще всего в виде розеток.

На схематическом плане (фиг. 60) Приозерной сольфатарной котловины нанесены главные выходы газовых и газо-водяных сольфатар и места нахождения грязевых вулканчиков в 1947 г.



Фиг. 60. Схематический план выходов сольфатар и грязевых вулканчиков в котловине:

1 — грязевый вулканчик; 2 — выход сухой сольфатары; 3 — фонтанирующий и кипящий выход сольфатары; 4 — фумаролы и сольфатары с направленным выходом пара и газов; 5 — температура выделяющихся веществ; 6 — количество выходов сольфатар на данном участке; 7 — размеры выхода сольфатар в метрах; 8 — грязе-водяной фонтан (4, 7 и 8 относятся к условным обозначениям на фиг. 61 и 70).

Е. Ф. Уратков измерил температуру в основных выходах и подсчитал их количество, разбив территорию этой котловины на 12 участков.

В табл. 7 приведены результаты этих подсчетов.

По отдельным же группам температура в основных выходах колебалась: для газовых сольфатар — от 40 до 100°, для газо-водяных сольфатар от 80 до 98° и для грязевых вулканчиков — от 62 до 94°.

В районе Черного озера сольфатары расположены главным образом с восточной и северной сторон, а грязевые вулканчики — с юго-западной и восточной сторон (фиг. 61).

Измерения производились главным образом в месте, окаймляющем северо-восточную часть озера, у стока озера по небольшому ручейку в ручей Приозерной котловины. Часть восточного сольфатарного поля, едва поднимающегося над уровнем озера, была недоступна для исследования.

Следует отметить, что многие места (участки) на сольфатарных полях как и этом северном кратере собственно Центрального Семячика, так и вулкана Бурлящего, о котором будет речь в дальнейшем, представляют зыбкую почву, в которую свободно уходит палка, не доходя до твердого

грунта, поэтому в этих местах передвигаться очень опасно и необходимо соблюдать особую осторожность.

Таблица 7

Участок	Число выходов	Температура, °С	
		минимальная	максимальная
I	104	82	94
II	57	40	92
III	4	84	84
IV	150	90	98
V	80	94	96
VI	230	50	94
VII	98	50	88
VIII	234	80	94
IX	285	90	100
X	100	90	100
XI	275	70	96
XII	24	50	62
12 участков	1641	40	100
Среднее для всех участков	—	72	92

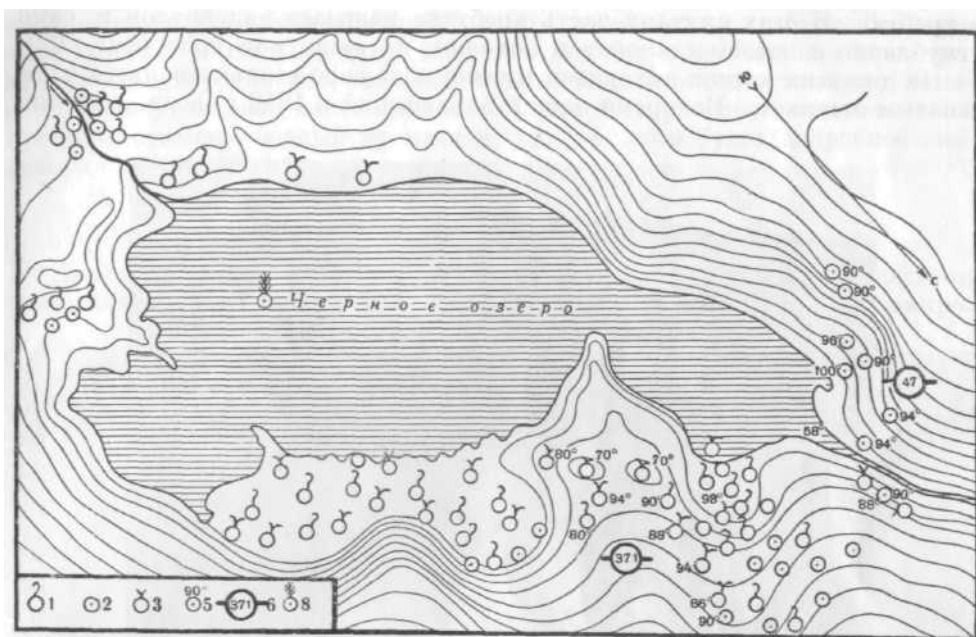
В табл. 8 приведены результаты подсчетов и измерений температуры выходов у Черного озера.

Таблица 8

Участок	Число выходов	Температура, °С	
		минимальная	максимальная
Восточный	371	70	98
Северный	47	90	100
Два участка	418	70	100
Среднее для обоих участков	—	80	99

По отдельным же группам температура в выходах колебалась: для газовых сольфатар — от 90 до 100°, для газо-водяных сольфатар — от 70 до 98° и для грязевых вулканчиков — от 80 до 90°.

Район Серных котлов расположен на конце хребтика, спускающегося к упоминавшемуся второму, более значительному ручью. У самого ручья в хребтике расположен ряд котлообразных углублений диаметром от 1 до 1,5 м. Стенки этих котлов в сторону ручья низкие — около 0,5 м, а в сторону берега более высокие — около 1,5 — 3 м, что обусловлено крутизной береговой стенки хребтика. Некоторые котлы как бы врезаны



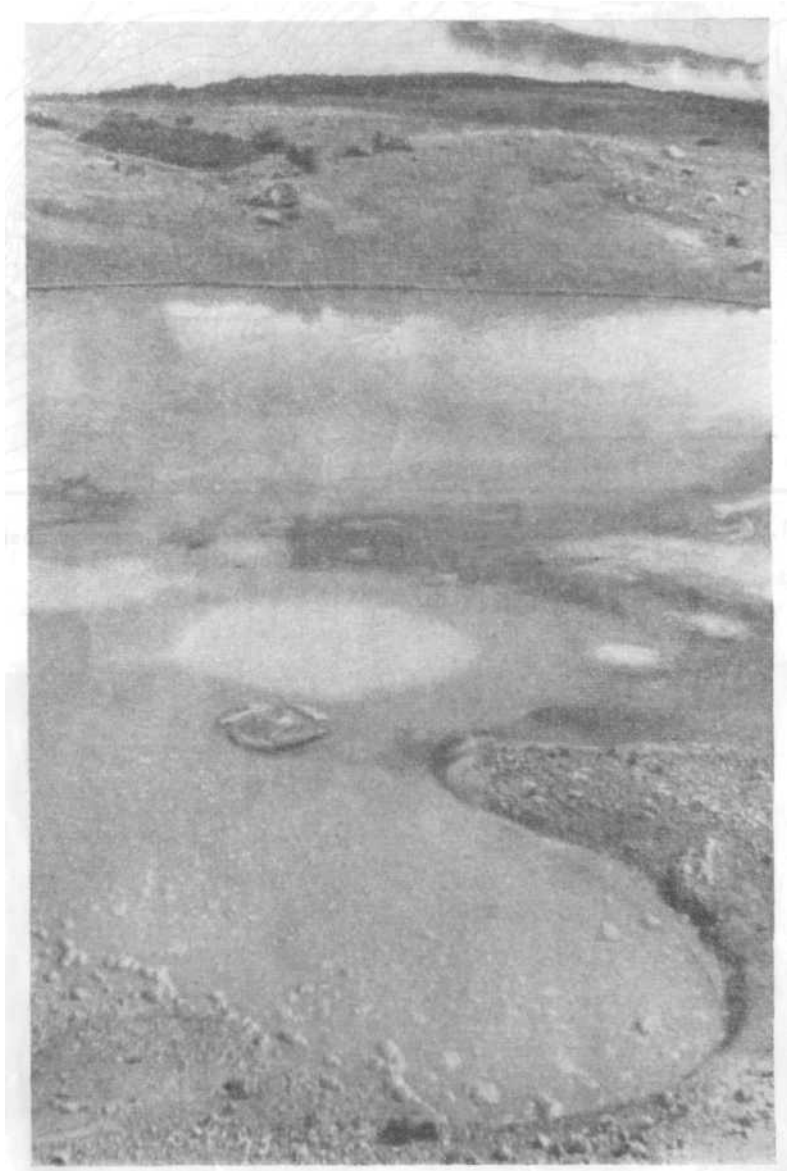
Фиг 61. Схематический план выходов сольфатар у Черного озера (условные обозначения те же, что и на фиг. 60).



Фиг. 62. «Серные котлы». Фото Е. Ураткова.

в хребтик. В этих случаях часть хребтика нависает над котлом и само углубление с котлом становится похожим на нишу или грот (фиг. 62).

На дне этих котлов находится мутная вода серо-стального цвета с синеватым оттенком. Во время наших наблюдений в 1946 г. вода, выделяя



Фиг. 63. Спокойные выделения пузырьков газов в котлах-лужах, наполненных водой. Фото Е. Ураткова.

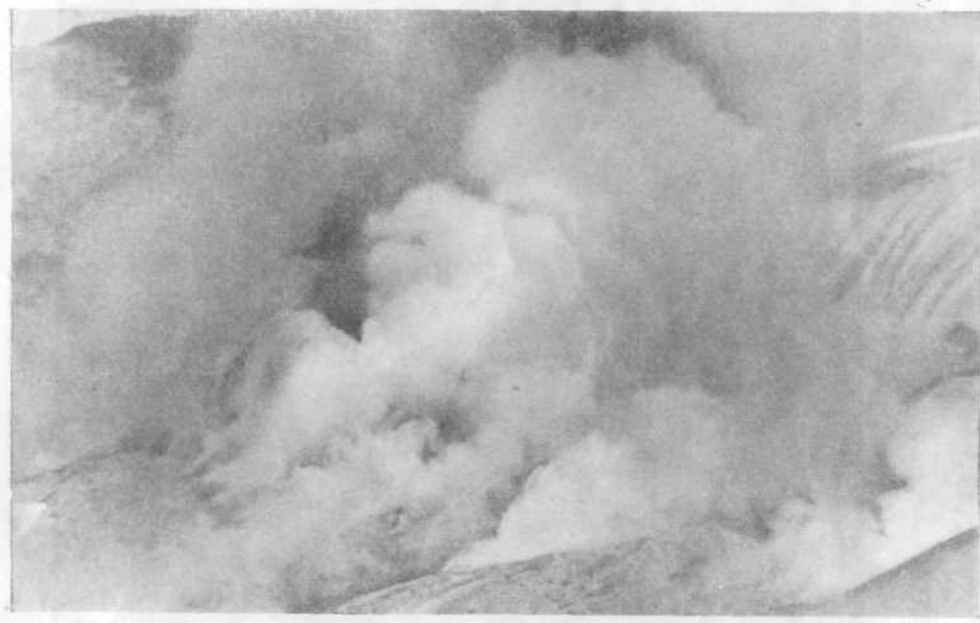
значительное количество пара и газов, производила впечатление кипящей. В 1947 г. она не бурлила, над ней только подымался слабый едва заметный пар.

Стенки ниши в этих котлах были усеяны кристаллами серы. Нижняя часть хребтика сложена из желтовато-белой глинистой массы, а верхняя

часть из вещества, похожего по цвету на бурый железняк. Это буро-коричневое вещество покрывает, подобно ковру, желто-белый хребтик. Толщина этой корки 3—5 см. При ударе молотком она легко пробивалась и из проделанного отверстия вытекала сметаноподобная (по консистенции и отчасти по цвету) жидкая масса кремового цвета, которая представляет собой преимущественно водный кремнезем, как об этом будет подробнее сказано в следующей главе.

Вулкан Бурлящий

Дно котловины вулкана Бурлящего, покрытое глинистым веществом и местами водой, и ныне является ареной сильной сольфатарной и микро-



Фиг. 64. Выделение газов из мощных сольфатар. Фото Е. Ураткова.

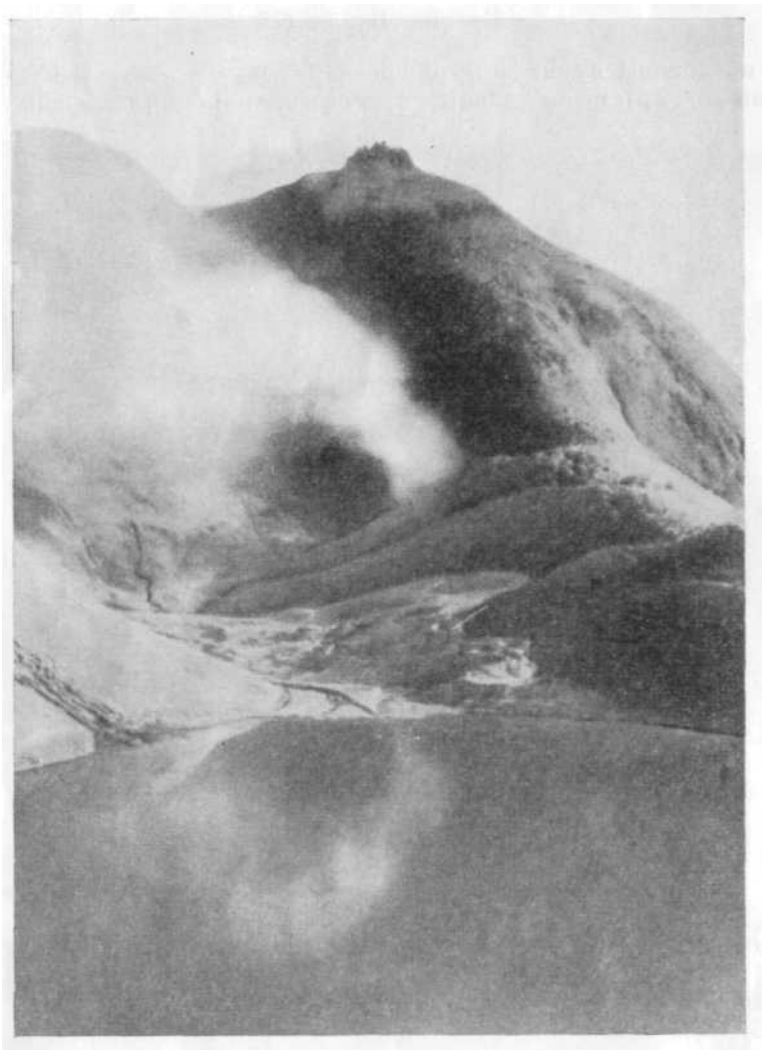
грязевой вулканической деятельности, с образованием серы в виде небольших бугров (преимущественно в юго-западной части) и сернокислых наростов — розеткообразных каемок вокруг камешков и просто на ровном глинистом дне (преимущественно в западной и северо-западной частях).

Наблюдаются также котлы и небольшие углубления — лужи, заполненные бурлящей водой от выделяющихся газов по каналцам на дне их. Некоторые из них нагреты, как показали измерения температуры, почти до кипения. У последних бурление воды происходит и от подъема газов сквозь нее и от ее кипения. В некоторых же лужах газы выделяются спокойно (фиг. 63).

Внутренние склоны вулкана представляют собой хребтики и овраги между ними, спускающиеся в котловину. Газы, особенно на восточном склоне кратера, выделяются с большой силой мощными струями, одна из которых подымалась ввысь до 500 м и более (фиг. 64). Около нее расположено несколько менее сильных сольфатар и много небольших выходов газов.

Значительной мощности сольфатара находится на этом же склоне во втором овраге (к северу от оврага, в котором расположена самая мощная сольфатара). Около нее находится озерко диаметром 8 м (фиг. 65).

Дно вулкана Бурлящего покрыто большим количеством выходов как чисто газовых сольфатар, так и газо-водяных (брызгающих) сольфатар и грязевых вулканчиков (фиг. 66). Сольфатар так много, что временами, при усилении выделений паров, создается впечатление сплошного (по всей



Фиг. 65. Сольфатара у озерка. Фото Е. В. Ястребова.

поверхности) их выделения (фиг. 67). Газы как бы пропаривают все дно долинки-котловинки. Измерения температуры почвы в этих местах дали следующие результаты: у самой поверхности 14° , на глубине 1 см от 24 до 30° , на глубине 15 см 76° , на глубине 20 см 88° .

Температура грязевых потоков была определена в пределах от 80 до 96° , температура же сольфатар в этих местах — от 70 до 90° , но достигала и 40 и 60° , а также 92—94 и 100° .

ствие грязевых выходов. Главная масса выходов представляет собой чисто газовые и газо-водяные сольфатары, причем последних, действительно фонтанирующих выходов было всего два, с температурой 90 и 98°.

Среди сольфатар, расположенных в средней части внутреннего восточного склона, выделяется одна самая мощная сольфатара, температура которой 150°. У нее газ вырывается через выходное отверстие размером 1 x 0,5 м с силой, достаточной для того, чтобы выбить из рук толстую палку. Пар и газы у отверстия этой сольфатары, а также у некоторых других невидимы (фиг. 69) и только на высоте 1,5—2 м от выхода становятся видимыми, когда пар сконденсируется в туман. Поблизости от этой



Фиг. 67. «Площадные» сольфатары, пропаривающие почву. Фото Е. В. Ястребова.

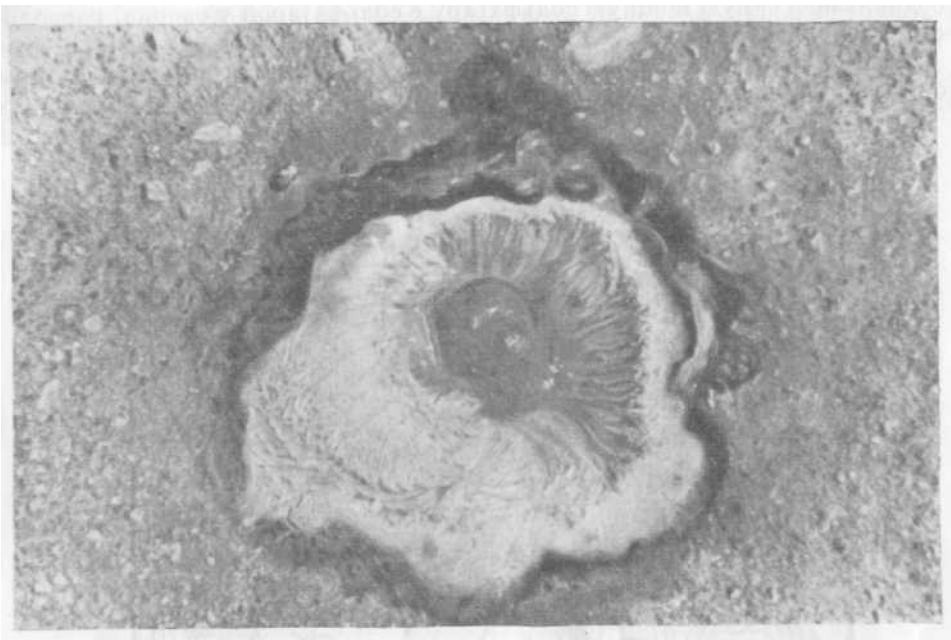
мощной сольфатары к северо-западу и юго-востоку от нее находится еще ряд сольфатар, среди которого выделяются две крупные сольфатары с отверстиями размерами 0,2 x 0,1 м и 0,3 x 0,2 м. Температура газа у них 120°. У всех этих трех крупных сольфатар направление струи пара и газов вначале почти горизонтальное (фиг. 70).

Всего сольфатар в этой группе было 837.

Колебание температур для чисто газовых сольфатар от 84 до 150°, а для газо-водяных от 90 до 100°.

Далее к северу по этому же восточному внутреннему склону у Бурокрасного озера находится значительное количество сольфатар, расположенных отдельными группами. В 1946 г. вода в этом озере (фиг. 65) была буро-зеленая и не имела кислого вкуса. В 1947 г. вода в нем была буровато-красная (цвета мадеры) и на вкус очень кислая.

Около этого озера к северу наблюдается ряд сольфатар, выходящих как на склонах оврага, сложенных уже измененными породами, так и в почти отвесной северной стенке оврага, состоящей из коренных, внешне еще мало измененных пород (фиг. 71).



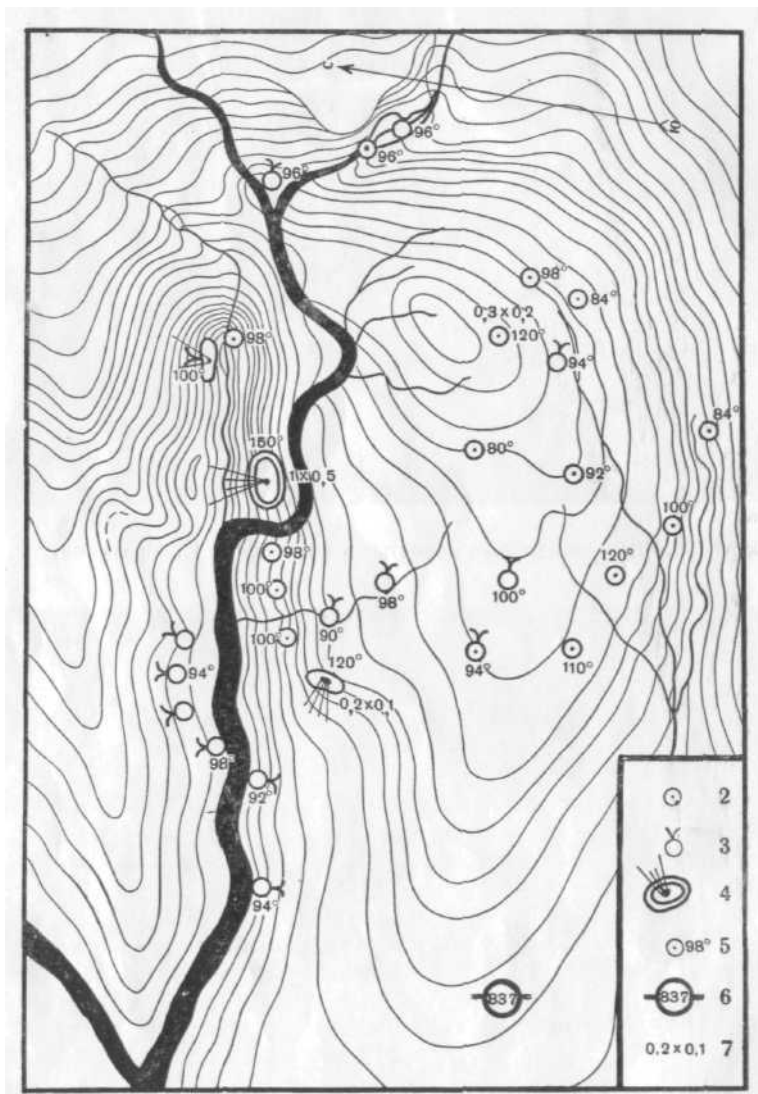
Фиг. 68. Шнуроподобные наросты в воде. Фото Е. Ураткова.



Фиг. 69. Отверстие сольфатары. Температура газов у ее выхода была 100°
Фото Е. В. Ястребова.

Следует отметить также то обстоятельство, что на прямой полосе, соединяющей самую мощную сольфатару с сольфатарой у озера, расположен еще ряд сольфатар.

Во всех этих участках Е. Ф. Уратковым были измерены температуры сольфатар. В табл. 9 приведены результаты этих измерений.



Фиг. 70. Схематический план выходов сольфатар у мощной сольфатары (условные обозначения те же, что и на фиг. 60).

По отдельным же видам проявлений сольфатарной деятельности в районе Буро-красного озера отмечены следующие колебания температур: для чисто газовых от 94 до 100°, для газо-водяных от 80 до 98° и для грязевых вулканчиков — от 70 до 96°.

Интенсивность выделений пара и газов из сольфатар временами усиливалась. В 1946 г. такое усиление происходило периодически, через каждые четыре дня. Оно наблюдалось и в котловине вулкана Бурля-

щего и в северном кратере собственно Центрального Семячика. В 1947 г. такая периодичность не была замечена.

Среди газов выделялись, кроме водяного пара, сероводород, углекислота и метан (Иванов, 1955).

Сольфатарная деятельность на Малом Семячике в настоящее время наблюдается только в кратере Троицкого. Она

Таблица 9

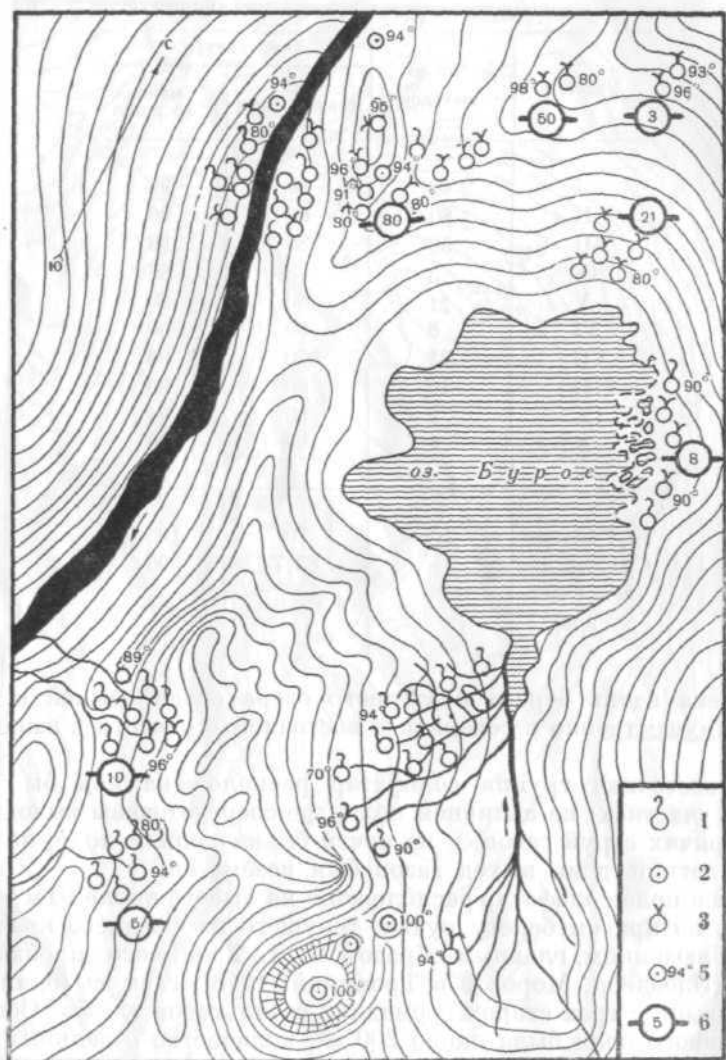
Участок	Число выходов	Температура, °C	
		минимальная	максимальная
I	40	80	94
II	80	80	96
III	50	80	98
IV	3	93	96
V	21	80	80
VI	8	90	90
VII	21	70	96
VIII	10	80	96
IX	5	80	94
X	4	94	100
10 участков	242	70	100
Среднее для всех участков	—	82,7	96

сосредоточена вдоль берега кратерного озера среди осыпей и у уреза воды, преимущественно в северной и восточной и отчасти в западной его частях.

Северо-восточная группа сольфатар расположена как бы на двух отдельных участках: на активном поле, где сосредоточены выходы интенсивных горячих струй газов, и на почти безжизненном поле, на котором в теплый летний день выход газов был незаметен.

Активное поле сольфатар расположено на высоте около 10 м над уровнем озера, на правом берегу ручья, текущего из Среднего кратера. Согласно наблюдениям, главным образом В. Д. Троицкого, произведенным в 1946 г. (Влодавец, Морозов и Троицкий, 1948), газы выходили между камнями осыпи с трех сторон громадной базальтовой глыбы. Общая площадь активного поля была около 200 м², количество отдельных выходов было весьма большим. Выходные отверстия были чаще всего неправильной формы. Их очертания определялись формой камней, ограничивающих отверстие. Максимальные отверстия не превышали 4 см². Только в случаях выхода газа среди мелкозема отверстие имело круглое сечение. Газы выходили непрерывно и их выход сопровождался однотонным свистящим шумом. Вокруг выходных отверстий отлагались возгоны и наросты белого, желтого и зеленого цветов. При одиночных выходах газов на горизонтальной поверхности образовывались налеты в виде правильной концентрической цветной пленки. На склонах же и при близко расположенных выходах цветной наросты сливались между собой и принимали причудливые очертания. Все они растворялись в воде. На открытых

местах пленки наросты были толщиной до 5 мм, но в местах, защищенных от дождя, под камнями были найдены отложения наростов толщиной до 4 см. Температура газовых струй в канальчике на глубине 10 см была 98°. Температура песка, покрытого наростами, но без видимого выхода газов, на глубине 25 см была 56° при температуре наружного воздуха 17°.



Фиг. 71. Схематический план выходов сольфатар у озера Бурого (условные обозначения те же, что и на фиг. 60).

На почти безжизненном поле, расположенном на левом берегу [ручья в 40 м от активного поля, находились многочисленные пятна наростов, в виде простиравшихся полос по склону осыпи от ее начала до высоты 5 м над уровнем озера. На этом поле не было видимых выходов газовых струй, но наличие площадок с наростами и повышенная температура (до 40°) мелкозема и камней указывали на происходящее выделение газов.

Отсутствие видимых струй газов — «дымков», возможно, было результатом относительно малого содержания паров воды и относительно большой температуры окружающего воздуха во время наших наблюдений.

Наросты на этом поле наблюдались в виде более или менее плоских пятен и в виде каемок-бордюров, окаймлявших узкой полоской камни по их контакту с песком, в который они были частично погружены.

Северо-западная группа сольфатар расположена вдоль берега к западу от устья ручья до конца осыпи. Последняя прикрывает здесь ясно слоистые породы из темного вулканического песка и пепла, представляющие собой, по-видимому, туфогенный песчаник, вероятно, осадочного происхождения, который обнажается в береговом обрыве. Выходы газовых струй расположены у самого озера под береговым обрывом, что делает невозможным их обследование. Они видны только с противоположной стороны кратера, и судя по количеству видимого пара, эти сольфатары более мощные, чем в северо-восточной группе.

Наросты и возгоны, видимые в обрыве, начинаются от уровня озера, а их верхняя граница на всем протяжении берега точно совпадает с одним из слоев. Слои падают на восток под углом 15° , и таким образом высота верхней границы возгонов в разных местах берега различна. Такое совпадение границы возгонов со слоистостью не является случайным. Возможны два объяснения: породы, залегающие ниже видимой границы, или резко отличны по своим абсорбционным свойствам от вышележащих, или, что более вероятно, вулканические газы проникают из глубины в толщу пористых пород и циркулируют в них до плотного непроницаемого горизонта, который благодаря своей непроницаемости и служит границей отложения и образования наростов.

Юго-восточная группа сольфатар являлась самой активной, мощной и давала наибольшее количество газов. Даже в летний день, при тихой погоде, столб пара поднимался до высоты 250—300 м и был отчетливо виден с берега океана.

Главные сольфатары расположены здесь в ямообразном углублении, врезанном в толщу слоистых вулканических пород, и аналогичных породам, отмеченным для северо-западной группы сольфатар. Наибольший диаметр ямы составляет около 15 м. Яма открыта в сторону озера, ее северо-западная стенка срезана берегом, дно достаточно неровное, имеет общий наклон на север, стенки местами вертикальные, местами крутые, высотой от 1 до 3 м. Более десятка выходов газа находились в яме. Кроме того, в семи местах газ выходил со дна озера около берега. Вследствие такого местоположения сольфатар невозможно было подойти к ним и пришлось ограничиться наблюдением их с края ямы.

Три сольфатары отличались особенно большой мощностью. Выходные отверстия двух из них не были видны, так как находились у уреза воды, а у третьей выходное отверстие было хорошо видно и оно было весьма своеобразно. Струя газа вырывалась из крутого склона в горизонтальном направлении. В непосредственной близости были расположены еще четыре малые также ориентированные сольфатары. Все они имели выходные отверстия в виде конусов желто-зеленого цвета. У самой большой сольфатары этот конус достигал длины около 15 см и был снабжен тремя резко выраженными «сосульками». Эти образования, по-видимому, были из серы.

Из других сольфатар одна достаточно хорошо видимая была расположена на ровном пологом песчаном склоне дна ямы. Яма все время была наполнена газами и парами, и только при порывах ветра на время открывались для наблюдения некоторые из многочисленных фумарол. Газовая струя выходила через круглое отверстие диаметром 5 см, вокруг которого

были видны наросты, занимавшие площадь правильной овальной формы размером 50 x 70 см.

Газ из всех сольфатар выходил непрерывно, причем шум, им вызываемый, по характеру и силе напоминал выпуск пара из паровоза. Помимо запаха сернистого газа, обычного для всех сольфатар кратера Троицкого, приступы продолжительного чихания, вызванные 10-минутным пребыванием около этой юго-восточной группы сольфатар, давали основание предполагать, что в составе выделяющихся здесь вулканических газов находились и мышьяковистые соединения.

Восточную группу сольфатар составляют многочисленные выходы газов между почти безжизненным полем сольфатар северо-восточной группы и сольфатарами юго-восточной группы. Они разбросаны по всей площади осыпей и встречаются на разных высотах, начиная от уровня озера до подножия вертикальных стенок кратера. Специальному обследованию они не подвергались, только мимоходом в одной из глыб осыпи был замечен вскрытый разломом извилистый трубкообразный канал диаметром около сантиметра, заполненный отложениями самородной серы, — явный свидетель происходившей здесь сольфатарной деятельности.

Эти осыпи с несколькими десятками сольфатарных струй-«дымков», то появляющихся, то исчезающих, вероятно, под влиянием ветра, непрерывно меняющих свою форму и как бы бегающих среди беспорядочного нагромождения голых камней, представляют один из характерных ландшафтов вулканического района.

Упомянутые сольфатары расположены вокруг кратерного зеленого озера. Зеленый цвет этого озера, однако, совершенно не похож на обычный зеленый цвет воды. С верхних краев кратера казалось, что озеро наполнено не водой, а масляной краской, настолько цвет воды в озере был густ, непрозрачен и неоднороден (преобладал темно-зеленый цвет). Около устья ручья озеро имело зеленовато-желтый оттенок, а около юго-восточных сольфатар — бледно-зеленый. У берега же озера до глубины одного метра вода была прозрачна и дно было видно хорошо. Судя по крутизне берегов, глубина озера должна быть значительной. Площадь, занятая озером, составляет 0,25 км².

Температура воды в озере по измерениям, сделанным с берега, в разных местах была непостоянной и колебалась от 25 до 66°.

Таким образом, современная сольфатарная деятельность на Центральном Семячке и Бурлящем, а также в южном кратере Малого Семячика выражалась в выделении паров воды и газов H₂S, CO₂, CH₄, временами SO₂ и HCl, то в виде мощных струй с температурой до 150° (на Бурлящем) и достаточно сильным давлением (напором) по отдельным каналам с отверстием до 1 x 0,5 м в поперечнике, то в виде менее мощных, но еще достаточно сильных струй, выделяющихся из небольших отверстий; то из многочисленных мельчайших отверстий, расположенных на большей или меньшей площади и создававших впечатление как бы сплошного выделения газовой завесы; то в виде отдельных пузырьков на дне водяных луж.

Сольфатарная деятельность сопровождалась и сопровождается образованием серной кислоты, изменением окружающих сольфатары пород и образованием ряда фумарольных минералов. Эта сторона деятельности будет рассмотрена в следующей главе.

Вулканическая деятельность в Семячинском районе выражалась и выражается в настоящее время не только в сольфатарной деятельности вулканов Бурлящего, Центрального Семячика и Малого Семячика, но и в извержениях последних двух вулканов.

Если не принимать во внимание путаных данных К. Дитмара (1901) относительно деятельности Большого Семячика, о чем упоминалось

раньше, каких-нибудь определенных и заслуживающих доверия сведений об извержениях Большого Семячика, понимая под этим названием всю группу вулканов Большого Семячика, нет.

Наличие же свежих куполов, лавовых языков и отложений горячих туч в районе Центрального Семячика определенно говорит, что вулканическая деятельность его еще не окончилась и что извержения, преимущественно экструзии, продолжаются, но с большими перерывами.

В отношении же извержений Малого Семячика имеются некоторые сведения. Как сообщает К. Дитмар со слов местного старого тойона (старшины), сильное эксплозивное извержение, во время которого вулкан частично разрушился, произошло около 1800 г. В результате этого весьма сильного по масштабу катастрофического извержения вся местность покрылась щебнем и песком, ручьи и реки были засыпаны, все леса на реках Жупаново и Семячик были уничтожены, причем деревья были засыпаны до кроны, т. е. на высоту около 10 м. Реки изменили тогда свое течение, на них открылись новые пороги и водопады. И еще во время путешествия К. Дитмара, т. е. в 1854 г., были видны в стенках новых глубоких ложбин, размытых внешними водами, целые деревья от корня до вершины, стоящие вертикально в массе щебня.

После этого извержения наступил период покоя, затем в середине XIX века произошло или незначительное извержение, оставшееся незамеченным местным населением, или просто усиление фумарольной деятельности, которое и наблюдалось в 1852 и 1854 гг. К. Дитмаром.

К. Дитмар (1901) описал эту деятельность следующими словами: «В этом участке цепи прежде всего обращает на себя внимание Большой Семячик (340°) (т. е. в действительности Малый Семячик. — В. В.), на котором происходило, по-видимому, сильное извержение... Столб пара поднимался близ южного края исполинского кратера, если таковым можно назвать все обширное притупление вулкана» (стр. 240).

«Затем более высокая недействующая вершина Большого Семячика (т. е. Малого Семячика. — В. В.) 279° и столб пара на его более низкой южной стороне 278°» (стр. 259).

Эти две цитаты относятся к 1852 г., а следующая к его путешествию в 1854 г.

«Далее на юг я заметил белые пары Большого Семячика (т. е. Малого Семячика. — В. В.), поднимавшиеся с южной стороны сильно притуплённого конуса» (стр. 650).

Впоследствии фумаролы прекратили выделение паров и газов, и в начале XX века вулкан Малый Семячик рассматривался как потухший вулкан (П. Т. Новограбленов, 1932).

Не было замечено и нами во время работ 1938 г. никаких признаков вулканической деятельности.

Местный охотник Ф. М. Григорьев был на вершине вулкана 12 июля 1942 г., и по его рассказу следует, что в это время на месте кратера Троицкого было небольшое углубление, заполненное снегом, а в среднем кратере росла трава.

Однако, по сообщению метеоролога А. Ф. Никитина и др., вскоре после этого посещения, а именно весной 1944 г. и весной 1945 г., на склонах южной части вулкана снег стаивал значительно раньше, чем в предыдущие годы, а с июля 1945 г. Малый Семячик начал «дымить». Вулкан действовал сначала слабо, а затем интенсивнее. Самые сильные выделения газов (по словам А. Ф. Никитина — «извержения») происходили в сентябре и октябре 1945 г. Действовал Малый Семячик и зимой. Извержения темных туч наблюдались два раза. Интенсивная деятельность наблюдалась до весны 1946 г. Летом же 1946 г. вулкан действовал очень слабо,

а 14 августа в 20 часов и 16 августа около 21 часа 30 минут над южным кратером Малого Семячика не особенно высоко поднимался черный «дым». Осенью 1946 г. и летом 1947 г. временами над южным кратером появлялись то маленькие, то мощные струи газа.

Следует отметить, по словам местных жителей, что с 1939 г. и до 1946 г. часто происходили землетрясения, иногда довольно сильные (опрокинулся будильник, полопалась штукатурка на стенах домов), а в сентябре 1944 г. ощущались особо сильные толчки. В низовьях р. Семячик «палатка буквально колыхалась».

О достаточно сильной эффузивной деятельности Малого Семячика в недалеком прошлом свидетельствует также значительное количество упоминавшихся уже свежих на вид лавовых потоков, один из которых протек и по лесной зоне.

Таким образом, можно вполне определенно считать, что в Семячинском районе расположены два действующих вулкана: Малый Семячик и Центральный Семячик, находящиеся в стадии редких лавовых и эксплозивных извержений.

Кроме того, вулканы Центральный Семячик и Бурлящий находятся в стадии относительно постоянной сольфатарной деятельности, в то время как сольфатарная деятельность Малого Семячика носит скорее межэруптивный характер.



8. ВУЛКАНИЧЕСКИЕ ПРОДУКТЫ

Семячинский район характеризуется относительно большим разнообразием вулканических продуктов. В этом районе изливались лавы разнообразного состава от основных до кислых — от базальта до риолито-дацита, а также пока еще загадочные по происхождению туфолавы. Здесь же встречаются пирокластические образования и туфогенные песчаники. Кроме того, наблюдаются гигантобрекчиевые образования, генезис которых пока еще не ясен.

Среди этих пород встречаются базальты и долериты, андезито-базальты, различные андезиты, андезито-дациты, дациты, риолито-дациты, туфолавы, вулканические туфобрекчии, туфы и рыхлые обломочные отложения, а также измененные под влиянием сольфатарного воздействия глинистые, алунитизированные и опалитизированные породы.

Кроме того, среди вулканических продуктов этого района встречаются возгоны, наросты и газы, образующиеся и выделяющиеся в настоящее время в кратерах Малого Семячика, собственно Центрального Семячика и Бурлящего, а также воды горячих ключей, находящихся на территории вулканических образований Семячинского района.

Остановимся на некоторых представителях упомянутых вулканических продуктов.

Как уже отмечалось, горные породы — лавы вулканических образований в районе вулканов Большого и Малого Семячика — разнообразны по своему составу и по характеру образования. Среди них находятся лавы, излившиеся в виде длинных потоков и в виде коротких потоков — языков; лавы, выжатые при образовании куполов, и шлаковые лавы. Все они, помимо различия в химическом и, соответственно, минералогическом составе, отличались и своей вязкостью.

Базальты

Лавы, слагающие вулкан собственно Центральный Семячик, принадлежат к наиболее основным породам Семячинского района — базальтам.

Микроскопически лава [74/46] из восточной стенки северного кратера представляет собой слабопористую темно-серую с зеленоватым оттенком породу с красновато-бурыми пятнышками и желтовато белыми выделениями в порах и с едва заметными вкрапленниками плагиоклаза.

Содержание в ней SiO_2 48,60% (по анализу Н. Н. Постниковой). Под микроскопом эта порода с серийно-порфировой структурой с вкрапленниками только плагиоклаза с 85% *An* (по углам погасания в сечениях

РМ, равным в среднем $+41^\circ$).

Структура основной массы пилотакситовая, местами напоминает микродолеритовую. Основная масса состоит из кристалликов основного

плаггиоклаза, многочисленных зерен моноклинного пироксена и сравнительно небольшого количества рудных зерен, по-видимому, гематита. Изредка встречаются небольшие выделения не то тримита, не то кристобалита; поры заполнены кальцитом.

Лава [75/46], залегающая в этой же восточной стенке северного кратера собственно Центрального Семячика, но несколько выше лавы [74/46], содержит уже SiO_2 50,20%.

Эта лава представляет собой зеленовато-темно-серую породу с малыми вкрапленниками размером до 1 мм в поперечнике и с бурыми пятнышками размером до 3 мм в поперечнике.

В этой породе, кроме вкрапленников плаггиоклаза с 85 % (по углам погасания в сечениях РМ, равным в среднем $+41^\circ$), находятся еще вкрапленники гиперстена, часто окаймленные зернами моноклинного пироксена, и небольшое количество малых вкрапленников моноклинного пироксена.

Основная масса, обладающая структурой, несколько напоминающей пилотакситовую, состоит из кристалликов и микролитов основного плаггиоклаза и большого количества очень малых зерен моноклинного пироксена. Относительно много малых кристалликов магнетита и бесформенных выделений бурого рудного минерала; редки небольшие зерна, вероятно тримита. Одно из них было в виде половинки правильного шестиугольника.

Состав последнего лавового потока, излившегося или из собственно Центрального Семячика или из Большого Семячика и покрывшего все породы северной части восточного крыла северного кратера собственно Центрального Семячика, образовавшиеся и принадлежащие к очагу собственно Центрального Семячика, относится также к основным базальтам, содержащим, по анализу Н. Н. Постниковой, 49,50% SiO_2 .

Эта порода [102/46] темно-серая с зеленоватым оттенком, с многочисленными малыми и редкими более крупными, до 2 мм в поперечнике, вкрапленниками плаггиоклаза и с буровато-желтыми пятнышками.

Среди вкрапленников много плаггиоклаза с 85% An (по углам погасания в сечениях РМ, равным в среднем -41°), остатки оливина и преимущественно серпентино-кальцитовая псевдоморфозы по нему. Кроме того, встречаются радиальные лучистые сростки карбонатов, являющиеся не то псевдоморфозами по неизвестному минералу, не то выполнениями довольно правильных по разрезу пустоток.

Основная масса с долеритовой структурой состоит из кристалликов основного плаггиоклаза, зерен моноклинного пироксена и магнетита и небольшого количества стекла.

Такой же основной породой является базальт [33/46], содержащий SiO_2 49,48% и слагающий остатки вулкана Стена, образовавшегося в докальдерную стадию жизни Малого Семячика.

Этот базальт представляет собой серую, достаточно пористую породу с порами трех размеров. Больше всего малых, размером 0,5—1—2 мм в поперечнике, немного размером 3—5 мм и единичные поры размером до 15 мм. Очертания и стенки пор неправильные, а самые большие поры имеют извилистые формы. Между порами лава плотная, с вкрапленниками плаггиоклаза длиной до 3 мм.

Этот базальт обладает серийно-порфировой структурой с микродолеритовой структурой основной массы. Вкрапленники плаггиоклаза различных размеров и их много. Из них более крупные (по углам погасания в сечениях РМ, равным в среднем $+40^\circ$) содержат 82% анортитовой молекулы. Среди вкрапленников находятся еще оливин с $2V = -86^\circ$ (по двум осям) с $Ng = 1.715$, $Nm = 1.692$ и $Np = 1.673$ и моноклинный пироксен с $2V = +62^\circ$ (по двум осям).

Основная масса состоит из брусочков и микролитов основного плагиоклаза, зерен моноклинного пироксена и относительно крупных, но редких зерен магнетита.

Лавовый поток, излившийся из Малого Семячика на запад почти до р. Кривун, сложен базальтом [67/38], содержащим 49,65% SiO_2 . Он представляет собой местами слабопористую, а в промежутках между пористыми участками—плотную породу серого цвета, с очень малыми вкрапленниками плагиоклаза и цветных минералов. Вкрапленниками являются плагиоклазы с 74% An (по углам погасания в сечениях $\perp PM$, равным в среднем $+38^\circ$), относительно много оливина, окруженного почти всегда каемкой из зерен пироксена, единичные вкрапленники пироксена и рудного минерала, причем последние обычно заключены в оливине.

Основная масса пилотакситовой структуры состоит из микролитов основного плагиоклаза, зерен пироксена, зерен рудного минерала и небольшого количества буроватого стекла, усеянного не то очень маленькими пузырьками, не то рудными точками. Очень редко наблюдаются зерна изотропного минерала с низким светопреломлением, по-видимому, кристобалита.

Такой же основной породой, содержащей SiO_2 49,88%, является лава [89], излившаяся в конце вулканической деятельности вулкана Попкова в южную сторону. Эта базальтовая лава представляет собой темно-серую плотную породу с белыми малыми вкрапленниками плагиоклаза размером до 1,5 мм в поперечнике и пироксена размером 0,5x2 мм.

В основной массе с долеритовой структурой много вкрапленников плагиоклаза и значительно меньше гиперстена. Плагиоклаз (судя по углам погасания в сечениях $\perp PM$, равным в среднем $+41^\circ$) содержит 85% анортитовой молекулы.

Основная масса состоит из микролитов и зерен плагиоклаза, зерен пироксена и мелкой сыпи рудного минерала.

Следует отметить, что петрографический состав лав вулкана Попкова достаточно разнообразен. Среди них встречаются и андезито-базальты и дациты, которые будут описаны ниже.

Вулкан Большой Семячик петрографически более однообразен. Он сложен преимущественно из базальтовых лав и вулканических туфобрекчий того же состава.

Так, лава [133], обнажающаяся в одном из цирков на восточном склоне Большого Семячика, представляет собой базальт с содержанием SiO_2 50,64%. Микроскопически этот базальт представляет собой серокрасную плотную породу с большим количеством вкрапленников белого плагиоклаза размером до 2x3 мм и с покрытыми окисью железа вкрапленниками пироксена размером до 2 мм в поперечнике.

В этой породе много крупных и средней величины вкрапленников плагиоклаза с 80% An (по углам погасания в сечениях $\perp PM$, равным в среднем $+39^\circ$). Кроме того, наблюдается небольшое количество вкрапленников гиперстена с $2V = -61^\circ$ (по двум осям) и $cNg = 8^\circ$. Основная масса состоит из лейст и зерен основного плагиоклаза, зерен моноклинного пироксена, относительно большого количества магнетита, окислившегося по периферии, по-видимому, в гематит, который окрасил соприкасающиеся с ним минералы (плагиоклазы и пироксены) в красноватый цвет. Стекла в породе очень мало и его N меньше, чем у канадского базальта.

Этот базальт [133] излился в более раннюю стадию жизни вулкана Большой Семячик. Другой образец базальта [95], излившегося на запад от канала вулкана, представляет собой более позднюю, быть может ближе к конечной, стадию излияний этого вулкана.

Базальт [95] с западного склона Большого Семьячка представляет темно-серую, местами с небольшими порами до 1 мм в длину, породу с вкрапленниками плагиоклаза до 2—4 мм в поперечнике.

Порода, обладая серийно-порфировой структурой, состоит из крупных и мелких вкрапленников плагиоклаза, содержащих 90% *An* (судя по углам погасания в сечениях \perp РМ, равным в среднем $+42^\circ$). Кроме того, в ней встречаются редкие вкрапленники гиперстена с $2V = -61^\circ$ (по двум осям) и очень малым *cNg*. Некоторые вкрапленники гиперстена окаймлены зернами моноклинного пироксена.

Основная масса полнокристаллическая. В ней мало плагиоклаза, но много зерен моноклинного пироксена, а также зерен магнетита.

Химический состав этого базальта [95], по анализу Н. Н. Шавровой, приведен в табл.10.

Таблица 10

Окислы	Вес. %	Мол. количество	Нормативный состав:
SiO ₂	51,82	863	$Q = 7,8$
TiO ₂	0,93	12	$Or = 5,0$
Al ₂ O ₃	21,14	207	$Ab = 14,7$
Fe ₂ O ₃	4,13	26	$An = 47,3$
FeO	4,88	68	$di = 2,16$
MnO	0,40	6	$hy = 17,37$
MgO	4,02	99	$il = 1,82$
CaO	10,10	180	$hm = 4,15$
Na ₂ O	1,78	28	
K ₂ O	0,86	9	
H ₂ O ⁺	0,25	—	
H ₂ O ⁻	0,17	—	
Сумма	100,48	—	

По содержанию кремнекислоты этот базальт несколько кислее предыдущего. Плагиоклаз, вычисленный по нормативным минералам, содержит 86% *An*, а гиперстен — 41 % FeSiO₃.

Базальтом сложен и конусообразный вулкан Плоско-Кругленький. Он содержит, по анализу Н. Н. Постниковой, SiO₂ 52,06% и представляет собой породу [94/46] с относительно крупными вкрапленниками гиперстена и несколько менее крупными вкрапленниками плагиоклаза, содержащего 82% *An* (по углам погасания в сечениях \perp РМ, равным в среднем $+40^\circ$). Некоторые вкрапленники гиперстена окаймлены тонкой каемкой из зерен моноклинного пироксена.

В основной, с гиалопилитовой структурой, массе различимы тончайшие иголки основного плагиоклаза, много мелких зерен моноклинного пироксена, относительно много зерен магнетита, из которых некоторые достигают значительной величины, и немного вулканического стекла с *N* меньшим, чем у канадского бальзама.

Побочный конус Южный, расположенный на южном склоне Малого Семьячка, сложен темно-серой, местами плотной, местами пузырчатой

базальтовой лавой [26/46], содержащей SiO_2 52/39%, с вкрапленниками плагиоклаза величиной до 2х3 мм и относительно редкими вкрапленниками пироксена до 1—1,5 мм в поперечнике.

Этот базальт обладает порфировой структурой с микроинтерсертальной структурой основной массы. Вкрапленниками являются плагиоклазы, из них некоторые слабозональные, содержащие (по углам погасания в сечениях $\perp \text{PM}$, равным в среднем $+34^\circ$ и $+40^\circ$) от 62 до 82% *An*, моноклинный пироксен и гиперстен. Некоторые вкрапленники гиперстена окаймлены моноклинным пироксеном.

Основная масса состоит из микролитов основного плагиоклаза; зерен и кристалликов моноклинного пироксена, выполняющих пространство между микролитами плагиоклаза; довольно крупных зерен магнетита и небольшого количества стекла светло-шоколадного цвета с *N* меньшим, чем у канадского бальзама.

Центральная часть, по-видимому, жерловина вулкана Попкова, сложена серой плотной породой [88] с малыми вкрапленниками плагиоклаза размером до 0,5 мм в поперечнике и более крупными, но значительно более редкими вкрапленниками почти черного амфибола размером до 2х6 мм и скоплениями вкрапленников пироксена до 7 мм в поперечнике.

Вкрапленники плагиоклаза содержат 82% *An* (по углам погасания в сечениях $\perp \text{PM}$, равным в среднем $+40^\circ$), гиперстена с $2V = -60^\circ$ (по двум осям) и амфибола с $2V = -50^\circ$ и $cNg = 16^\circ$ (который плохо устанавливался). Вкрапленники гиперстена окаймлены мелкими зернами моноклинного пироксена, которых (зерен) также много среди коротких призмочек и зерен плагиоклаза в основной массе. В ней же наблюдаются рудный минерал в прямоугольных и квадратных сечениях, а также в зернах, и местами небольшие выделения прозрачного минерала с *N* меньшим, чем у канадского бальзама, и небольшим двупреломлением, который является, по-видимому, кристобалитом или тридимитом.

Химический состав этого базальта, по анализу Н. Н. Шавровой, приведен в табл. 11.

Таблица 11

Окислы	Вес. %	Мол. количество	Нормативный состав:
SiO_2	52,68	877	$Q = 9,0$
TiO_2	0,71	9	$Or = 2,8$
Al_2O_3	19,61	192	$Ab = 14,7$
Fe_2O_3	3,68	23	$An = 44,2$
FeO	5,58	78	$di = 1,7$
MnO	0,46	6	$hy = 21,9$
MgO	5,18	128	$il = 1,4$
CaO	9,38	167	$hm = 3,7$
Na_2O	1,76	28	
K_2O	0,56	5	
H_2O^+	0,60	—	
H_2O^-	0,27	—	
Сумма	100,47	—	

Необходимо отметить, что этот базальт первоначально был несколько более основным, так как присутствие кристобалита, являющегося, ви-

димо, вторичным минералом, несколько повысило содержание в породе кремнекислоты.

Вычисленный по нормативным минералам плагиоклаз содержит 85% An , а гиперстен — 38% $FeSiO_3$.

К базальтам принадлежит лава из потока, обнажающегося в обрывах в залив к югу от Ванькина мыса. Как выше отмечалось, эта лава обладает в нижней части потока тонкой плитчатой отдельностью (фиг. 72), параллельной подошве потока, а местами в верхней части потока пузырьками, расположенными параллельно верхней поверхности потока в виде особых «слоев».



Фиг. 72. Тонкая плитчатая отдельность в нижней части базальтового потока.

Фото Е. Ураткова.

Образец [16], взятый из средней, более плотной части потока, представляет собой темно-серую плотную породу с параллельными прерывистыми буроватого цвета тонкими линиями и с относительно редкими малыми (до 0,5 мм в поперечнике) вкрапленниками плагиоклаза.

Под микроскопом видны редкие вкрапленники плагиоклаза и единичные вкрапленники гиперстена. Основная масса пилотакситовой структуры переполнена относительно крупными микролитами плагиоклаза, содержащего (по углам погасания в сечениях $\perp PM$, равным в среднем $+32^\circ$) 58% An , и зернами пироксена.

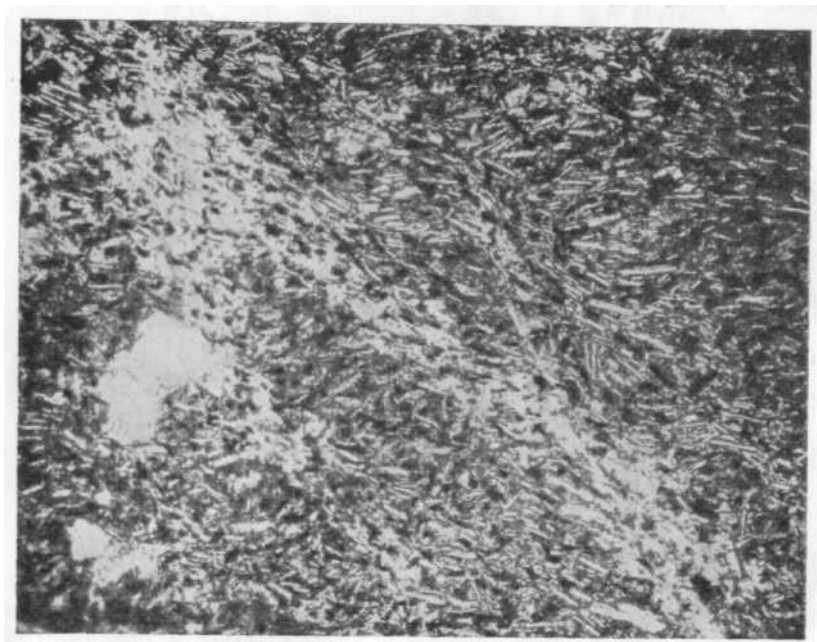
Много также зерен и кристаллов магнетита. Местами наблюдается в небольшом количестве стекло темно-шоколадного цвета. Порода на вид свежая. Этот базальт содержит 52,86% SiO_2 .

В шлифе, сделанном по простиранию упомянутых макроскопически едва заметных тоненьких полосок-линий, замечается особенность в структуре, заключающаяся в расположении главным образом крупных микролитов плагиоклаза.

В самых линиях в тонких светлых (под микроскопом) полосках сконцентрировались преимущественно микролиты плагиоклаза со значительно-

меньшим количеством, чем в общей массе, цветных минералов. Расположились микролиты тесно, соприкасаясь друг с другом параллельными рядами. Благодаря такому преобладанию плагиоклаза и параллельному их расположению они и выделяются макроскопически в виде тонких полосок-линий.

Другая структурная особенность следующая. В то время как эти полоски и микролиты в них примерно параллельны расположению микролитов плагиоклаза в основной массе базальта, микролиты плагиоклаза, расположенные вблизи полосок сверху и снизу их, имеют наклон в сторону полоски, как это видно на фиг. 73.



Фиг. 73. Микрофото базальта (обр. 16). Увел. 20. Без анализатора.

Такое расположение полосок параллельно плоскостям тонкой плитчатой отдельности и «слоям» пузырьков говорит о том, что в последние моменты движения потока, когда лава уже почти полностью раскристаллизовалась, но при еще продолжавшихся его подвижках, произошла перегруппировка минералов и направлений движения потока. Этим были созданы в лаве механически менее прочные плоскости, по которым, вследствие охлаждения потока снизу и сверху, образовались трещинки и возникла тонкая плитчатая отдельность, которая и наблюдается в нижней половине этого потока.

Такая структура базальта говорит еще и о том, что в почти отвердевшем потоке происходили небольшие «послойные» движения лавы, которые можно отнести к ламинарным движениям.

Гребень вулкана Проблематичного у южного его барранкоса сложен базальтами [47], приближающимися по своему составу к андезито-базальту. Это темно-серая плотная порода с малыми, до 0,5 мм в поперечнике, вкрапленниками плагиоклаза, серийно-порфировой структурой и с долевитовой структурой основной массы. Вкрапленники плагиоклаза, которых много (судя по углам погасания в сечениях \perp РМ, в среднем равным $+40^\circ$

и $+36^\circ$, а в кайме $+11^\circ$), содержат соответственно 82, 67 и 30% *An*. Вкрапленников гиперстена немного. В крупных вкрапленниках гиперстена $2V = -71^\circ$ (по двум осям) и $cNg = 0^\circ$, а в малых $2V = -63^\circ$ (по двум осям) и $cNg = 0^\circ$.

В основной массе различимы призмочки плагиоклаза, зерна пироксена и рудного минерала.

Небольшие пятнышки стекла, по-видимому, целиком раскристаллизовались в хлорит и небольшие выделения слабодвупреломляющегося минерала с *N* меньшим, чем у канадского бальзама, видимо, кристобалита.

Химический состав этой породы [47], по анализу Н.Н. Шавровой, приведен в табл. 12.

Таблица 12

Окислы	Вес. %	Мол. количество	Нормативный состав:
SiO ₂	53,30	888	$Q = 10,7$
TiO ₂	0,68	9	$Or = 3,3$
Al ₂ O ₃	20,64	202	$Ab = 18,3$
Fe ₂ O ₃	2,17	13	$An = 39,2$
FeO	5,06	70	$hy = 20,2$
MnO	0,35	5	$il = 1,4$
MgO	4,66	115	$hm = 2,1$
CaO	7,92	141	$C = 2,0$
Na ₂ O	2,23	35	
K ₂ O	0,66	6	
H ₂ O ⁺	0,93	—	
H ₂ O ⁻	1,46	—	
Сумма	100,06	—	

Нормативный плагиоклаз содержит 80% *An*, а нормативный гиперстен — 36% железистой молекулы (FeSiO₃).

Лава [55/46], слагающая вулкан Бурлящий, имеет состав базальта, близкий к андезито-базальту. Это темная с зеленоватым оттенком порода. В ней очень много вкрапленников плагиоклаза, содержащего 82% *An* (судя по углам погасания в сечениях \perp РМ, равным в среднем $+40^\circ$), и значительное количество вкрапленников гиперстена.

Основная масса с микроклеритовой структурой с мелкими кристаллами основного плагиоклаза, пироксена и зернами магнетита.

Химический анализ, произведенный В. Г. Сильниченко, приведен в табл. 13.

Нормативный состав плагиоклаза 80% *An*, а гиперстена — 40% FeSiO₃.

Лава вулкана Бурлящего имеет базальтовый состав, приближающийся к андезито-базальту. Это темная с зеленоватым оттенком порода.

Образец [22/46] одного из наиболее молодых лавовых потоков (пятого), излившегося из Малого Семячика к юго-западу, представляет собой очень плотную породу с малыми (до 1 мм в поперечнике) белыми вкрапленниками плагиоклаза, рассеянными в черной плотной основной массе в относительно небольшом количестве.

Вкрапленники плагиоклаза и моноклинного пироксена небольших размеров и их мало. Вкрапленники плагиоклаза (судя по углам погаса-

ния в сечениях \perp РМ, равным в среднем $+42^\circ$ и $+36^\circ$) содержат соответственно 90 и 67% *An*.

Основная масса с флюидальной структурой состоит из маленьких брусочков и микролитов плагиоклаза, зерен и кристалликов моноклинного пироксена, редких зерен магнетита и рудной пыли в стекле. Рудной

Таблица 13

Оксиды	Вес. %	Мол. количество	Нормативный состав:
SiO ₂	53,32	888	$Q = 11,77$
TiO ₂	0,91	11	$Or = 2,78$
Al ₂ O ₃	17,69	174	$Ab = 17,30$
Fe ₂ O ₃	4,54	28	$An = 37,83$
FeO	6,00	83	$di = 0,43$
MnO	0,18	3	$hy = 21,23$
MgO	4,66	115	$il = 1,67$
CaO	7,85	140	$hm = 4,47$
Na ₂ O	2,05	33	
K ₂ O	0,47	5	
P ₂ O ₅	0,13	1	
SO ₃	0,22	3	
CO ₂	0,00	—	
H ₂ O ⁺	0,89	49	
H ₂ O ⁻	0,77	42	
Сумма	99,68	—	

пыли так много, что создается впечатление почти черного стекла, хотя оно само по себе светлое. Его *N* меньше, чем у канадского бальзама.

Химический состав этой базальтовой лавы [22/46], по анализу Н. Н. Шавровой, приведен в табл. 14.

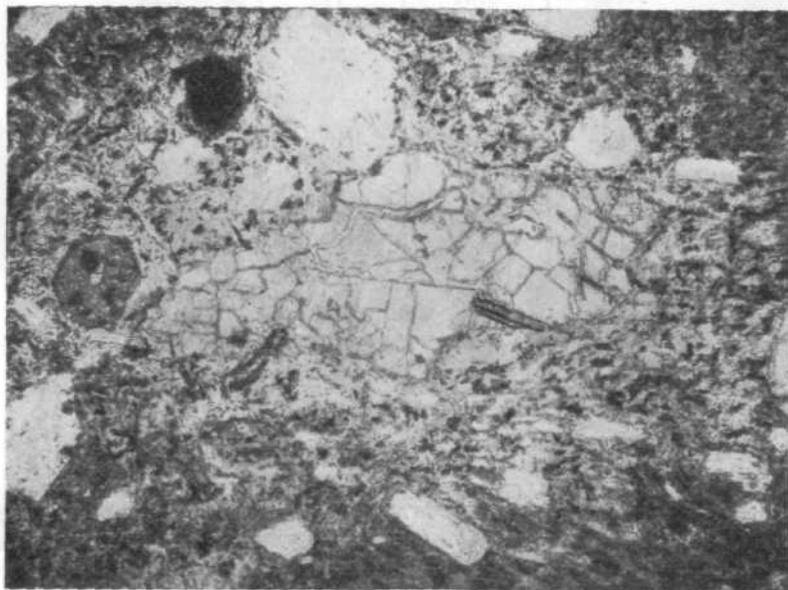
Таблица 14

Оксиды	Вес. %	Мол. количество	Нормативный состав:
SiO ₂	53,86	896	$Q = 5,9$
TiO ₂	1,14	14	$Or = 9,5$
Al ₂ O ₃	13,99	137	$Ab = 23,6$
Fe ₂ O ₃	4,88	30	$An = 20,8$
FeO	6,35	88	$di = 6,5$
MnO	0,35	5	$hy = 24,1$
MgO	6,70	166	$il = 2,1$
CaO	5,96	105	$hm = 4,8$
Na ₂ O	2,78	45	
K ₂ O	1,62	17	
H ₂ O ⁺	1,15	—	
H ₂ O ⁻	0,25	—	
Сумма	99,03	—	

Нормативный плагиоклаз, содержащий 62% *An*, более кислый, чем определенные микроскопически плагиоклазы вкрапленников. Нормативный, гиперстен содержит 37% FeSiO_3 .

Андезито-базальты

Вулкан Ступенчатый бастион сложен преимущественно серым плотным андезито-базальтом [14/46] с многочисленными малыми, около 1—1,5 мм в поперечнике, вкрапленниками плагиоклаза и редкими вкрапленниками пироксена размером до 1х2 мм.



Фиг. 74. Микрофото андезито-базальта (обр. 14/46) с тридимитом и кристобалитом. Увел. 46. Без анализатора.

Этот андезито-базальт, содержащий 55,32% SiO_2 , обладает серийно-микропорфировой, местами гломеропорфировой структурой с микрофлюидальной структурой основной массы.

У вкрапленников плагиоклаза углы погасания в сечениях \perp РМв среднем $+42^\circ$ и $+36^\circ$, чему соответствует содержание 90 и 67% *An*.

Среди вкрапленников наблюдаются гиперстен и магнетит и, кроме того, не то псевдоморфозы, не то выполнения пустоток, а в общем вкрапленникоподобные скопления то зерен тридимита с характерными для него копьевидными двойниками, то кристобалиты с *N* меньшим, чем у канадского бальзама (фиг. 74). Некоторые зерна магнетита окружены очень тонкой лейкоксеновой каемкой.

Основная масса состоит из очень малых микролитов плагиоклаза, небольшого количества зерен пироксена и магнетитовой сыпи и весьма малого количества стекла с *N* меньшим, чем у канадского бальзама.

Андезито-базальтом [89/46] сложен и конусообразный массивный вулкан Иванова. Содержание в нем SiO_2 55,41%. Он представляет собой серую плотную породу с вкрапленниками плагиоклаза более

крупными, до 2 X 4 мм, и малыми, до 1 мм в поперечнике, и с редкими вкрапленниками пироксена размером до 1 мм в поперечнике.

Под микроскопом этот андезито-базальт состоит из крупных и средней величины вкрапленников основного плагиоклаза и малых вкрапленников гиперстена. Среди вкрапленников в шлифе два крупных округленных (оплавленных или резорбированных) зерна кварца, вероятно захваченные (?) по пути подъема лавы.

Основная масса состоит из брусочков и микролитов плагиоклаза, зерен пироксена и рудного минерала.

Структура породы серийно-порфировая с микродолеритовой структурой основной массы.

Лавовый язык Ежа также сложен андезито-базальтом [41], содержащим, по анализу Н. Н. Постниковой, 56,20% SiO_2 , представляющим собой темно-серую породу с большим количеством вкрапленников плагиоклаза размером до 2 мм в поперечнике и пироксена размером до 1 мм в поперечнике.

Вкрапленники плагиоклаза (по углам погасания в сечениях \perp РМ, равным в среднем $+36^\circ$) содержат 67% *An*. Вкрапленники моноклинного пироксена с $2V = +52^\circ$ (по двум осям) и $cNg = 38^\circ$.

Основная масса с гиалопилитовой структурой состоит из лейст основного плагиоклаза, зерен моноклинного пироксена и магнетита и относительно большого количества стекла с *N* меньшим, чем у канадского балзама.

Многие пироксены превращаются большей частью с периферии, но иногда и из середины в магнетит и в какой-то еще темно-бурый, а местами красноватый минерал, может быть в гематит.

Возможно, одновременно с излиянием лавы Ежа, являющимся одним из самых последних, сравнительно недавним извержением лавы, в системе вулканических образований Большого Семьячика, произошло излияние из куполоподобного сооружения Корона. Лава этого потока [98/46] имеет андезито-базальтовый состав. Она представляет собой темно-серую породу с многочисленными белыми вкрапленниками плагиоклаза размером до 1 мм в поперечнике и единичные вкрапленники размером до 2x3 мм.

Порода состоит из вкрапленников плагиоклаза, содержащих 54% *An* (по углам погасания в сечениях \perp РМ, равным в среднем $+30^\circ$), небольшого количества гиперстена и моноклинного пироксена.

В основной массе брусочки и микролиты плагиоклаза, немного зерен и микролитов пироксена, много микролитов и зерен магнетита и гематитовой пыли и буроватое стекло с *N* меньшим, чем у канадского балзама.

Магнетит в форме микролитов представляет собой псевдоморфозы по микролитам пироксена. В разных микролитах пироксена наблюдаются разные стадии его замещения магнетитом.

Химический состав этой лавы [98/46], по анализу Н. П. Шавровой, приведен в табл. 15. Нормативный плагиоклаз содержит 77% *An*, а гиперстен — 28% FeSiO_3 .

Обнажающаяся у р. Новый Семьячик андезито-базальтовая лава [70/38] излилась потоком из вулканов Малого Семьячика или, может быть, Березового (Двойного) на северо-северо-восток. По внешнему виду это темно-серая (почти черная) порода с вкрапленниками плагиоклаза, размером до 5 мм и оливина размером до 3 мм в поперечнике.

Под микроскопом видно, что эта порода состоит из вкрапленников плагиоклаза с 82% *An* (по углам погасания в сечениях \perp РМ, равным в среднем $+40^\circ$), оливина, моноклинного пироксена, гиперстена и рудного минерала.

Основная масса, с пилотакситовой структурой, состоит из микролитов основного плагиоклаза, зерен пироксена, очень тонких иголок, может

Таблица 15

Окислы	Вес. %	Мол. количество	Нормативный состав:
SiO ₂	56,32	937	Q = 15,4
TiO ₂	0,80	10	Or = 5,6
Al ₂ O ₃	20,66	202	Ab = 21,0
Fe ₂ O ₃	3,77	24	An = 37,8
FeO	2,78	39	hy = 11,9
MnO	0,14	2	il = 1,5
MgO	3,16	78	hm = 3,8
CaO	7,64	136	
Na ₂ O	2,52	40	
K ₂ O	0,95	10	
H ₂ O ⁺	0,92	—	
H ₂ O ⁻	0,28	—	
Сумма	99,94	—	

быть, амфибола и рудной сыпи, заключенной в буром стекле. В порах находится кристобалит. Он обычно выделяется несплошной, прерывистой каемкой или отдельными зернами по периферии пор или пузырьков.

Химический состав этой породы, по анализу В. М. Некрасовой, приведен в табл. 16.

Таблица 16

Окислы	Вес. %	Мол. количество	Нормативный состав:
SiO ₂	57,62	960	Q = 9,7
TiO ₂	0,75	10	Or = 8,3
Al ₂ O ₃	16,80	165	Ab = 22,5
Fe ₂ O ₃	1,48	9	An = 29,7
FeO	5,89	82	di = 6,0
MnO	0,16	2	hy = 20,3
MgO	5,36	134	il = 1,5
CaO	7,56	135	hm = 1,4
Na ₂ O	2,65	43	
K ₂ O	1,40	15	
H ₂ O ⁺	0,00	—	
H ₂ O ⁻	0,08	—	
P ₂ O ₅	0,31	—	
Сумма	100,06	—	

Нормативный плагиоклаз содержит 71 % An, а нормативный гиперстен—47% FeSiO₃.

Андезиты

Купол Крутой сложен светло-зеленовато-серым андезитом [36] с темно-зелеными вкрапленниками пироксенов размером до 2 мм в поперечнике и водянпрозрачными вкрапленниками плагиоклаза таких же размеров.

Структура основной массы этого андезита местами напоминает флюидальную. В породе довольно много вкрапленников плагиоклаза, гиперстена и моноклинного пироксена; Плагиоклаз (по углам погасания в сечениях \perp РМ, равным в среднем $+40^\circ$) содержит 82% *An*.

Измерения в одном шлифе констант в нескольких кристаллах гиперстена дали следующие значения: $2V = -50^\circ$, $cNg = -13^\circ$; $2V = -52^\circ$, $cNg = 0^\circ$ не плеохроичен; $2V = -53^\circ$, $cNg = 0^\circ$ плеохроичен, по *Ng* бледно-зеленый, $Nm = Np$ — желтовато-розовый; $2V = -58^\circ$ (по двум, осям) и $2V = -64^\circ$, $cNg = 8^\circ$.

Трудно сказать, чем объясняются изменения этих констант — переменным ли составом или какими-то другими причинами.

Моноклинный пироксен с $2V = +50^\circ$ (по двум осям), $cNg = 38^\circ$ и $2V = +53^\circ$ (по двум осям), $cNg = 35^\circ$. По относительно малому углу оптических осей и положительному знаку этот пироксен можно отнести к авгиту.

Основная масса состоит из лейст и микролитов плагиоклаза, брусочков: и зерен моноклинного пироксена, зерен магнетита и небольшого количества стекла с *N* меньшим, чем у канадского бальзама.

Химический состав этого двупироксенового андезита [36], по анализу Н. Н. Шавровой, приведен в табл. 17. Нормативный плагиоклаз содержит 77% *An*, а нормативный гиперстен—45% $FeSiO_3$.

Таблица 17

Оксиды	Вес. %	Мол. количество	Нормативный состав:
SiO_2	57,16	951	$Q = 14,0$
TiO_2	0,69	9	$Or = 6,1$
Al_2O_3	17,51	172	$Ab = 20,4$
Fe_2O_3	3,56	22	$An = 33,9$
FeO	4,77	66	$di = 3,5$
MnO	0,52	7	$hy = 16,2$
MgO	3,76	93	$il = 1,4$
CaO	7,78	138	$hm = 3,5$
Na_2O	2,40	39	
K_2O	1,04	11	
H_2O^+	0,23	—	
H_2O^-	0,19	—	
Сумма	99,61	—	

Вулкан Восточный Бараний сложен коричнево-серым андезитом [84/46], содержащим 57,75% SiO_2 . Это коричнево-серая порода с относительно большим количеством малых пор размером до 0,5 мм, покрытых большей частью бурой пленкой из окислов железа, с вкрапленниками плагиоклаза размером до 1,5 мм в поперечнике.

Вкрапленники плагиоклаза (по углам погасания в сечениях \perp РМ, равным в среднем $+38^\circ$) содержат 75% *An*. Они местами образуют гломеропорфировые скопления. Кроме того, находятся редкие вкрапленники гиперстена и моноклинного пироксена.

Основная масса с флюидальной структурой состоит из лейст и микролитов плагиоклаза, небольшого количества зерен и маленьких брусочков пироксена, зерен магнетита (из которых несколько довольно крупных) и светло-бурого стекла с *N* меньшим, чем у канадского бальзама. Кроме того, в порах наблюдаются черепитчатые зерна кристобалита.

Одним из молодых вулканических образований является купол Скалистый, сложенный темно-серой, почти черной, местами мало-пористой породой [39] с многочисленными вкрапленниками плагиоклаза размером до 1 мм и редко от 3 до 5 мм в поперечнике и небольшими вкрапленниками пироксена.

Под микроскопом в двупироксенном андезите [39] различаются вкрапленники плагиоклаза, гиперстена и моноклинного пироксена. Относительно много микровкрапленников магнетита или псевдомикровкрапленников — магнетитовых псевдоморфоз, по-видимому, по пироксену.

Вкрапленники плагиоклаза в ядре содержат 53% *An*, судя по $2V=+74^\circ$ и по спайности (001), $Ng-56^\circ$, $Nm-38^\circ$, $Np-74^\circ$, а в кайме 49% *An*, судя по $2V=+82^\circ$ и по спайности \perp (100), $Ng-82^\circ$, $Nm-47^\circ$, $Np-44^\circ$. Вкрапленники гиперстена с $2V=-58^\circ$ (по двум осям), $cNg=5^\circ$, плеохроичны: по *Ng*—бледно-зеленый, *Np*—желтоватый. Вкрапленники моноклинного пироксена с $2V=+52^\circ$ (по двум осям), $cNg=33^\circ$, относятся, по-видимому, к авгиту. В зональном моноклинном пироксене — в ядре: $2V=+52^\circ$ (по двум осям), $cNg=31^\circ$ на периферии $2V=+53^\circ$ (по двум осям), $cNg=38^\circ$.

В основной массе микролиты плагиоклаза расположены флюидально, кроме того, в ней находятся малые призмочки моноклинного пироксена, зерна магнетита и много стекла с *N* меньшим, чем у канадского бальзама.

Таблица 18

Окислы	Вес. %	Мол. количество	Нормативный состав:
SiO ₂	57,88	963	$Q = 9,3$
TiO ₂	0,64	8	$C = 1,7$
Al ₂ O ₃	19,66	192	$Or = 6,1$
Fe ₂ O ₃	1,35	8	$Ab = 19,4$
FeO	5,38	75	$An = 35,3$
MnO	0,32	4	$hy = 18,9$
MgO	3,86	95	$il = 1,2$
CaO	7,16	127	$hm = 1,3$
Na ₂ O	2,33	37	
K ₂ O	1,06	11	
H ₂ O ⁺	0,28	—	
H ₂ O ⁻	0,25	—	
Сумма	100,17	—	

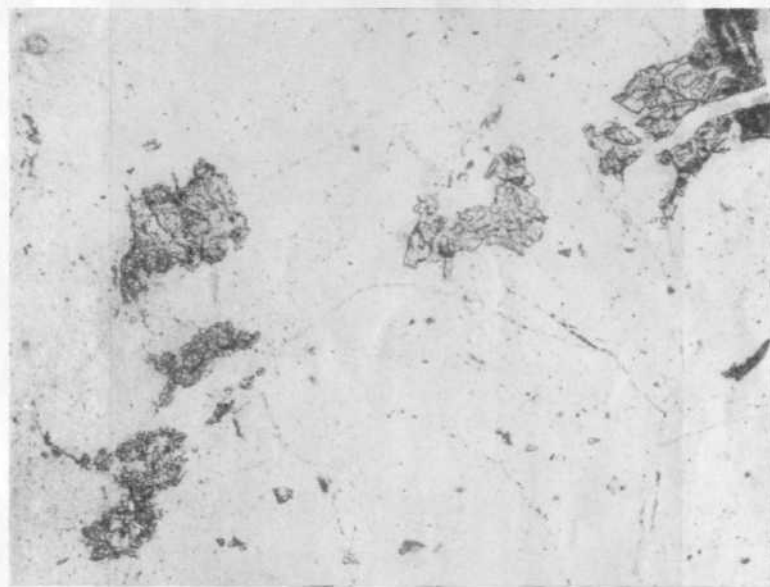
Химический состав этого двупироксенового андезита [39], по анализу Н. Н. Шавровой, приведен в табл. 18. Плагиоклаз, вычисленный по нор-

мативным минералам, содержит 77% *An*, а нормативный гиперстен — 43% FeSiO_3 .

Нормативный плагиоклаз более основной, чем плагиоклаз реальный. По-видимому, это обстоятельство объясняется тем, что известь связана не только с плагиоклазом, но и с пироксеном.

Более древний купол «с пемзой» [70/46] сложен андезитом, содержащим 59,91% SiO_2 и представляющим собой розовато-темно-серую породу с вкрапленниками пироксена и плагиоклаза размером до 2х5 мм.

По углам погасания в сечениях \perp РМ, равным в среднем $+38^\circ$, вкрапленники плагиоклаза содержат 75% *An*. Кроме того, находятся вкрапленники гиперстена.



Фиг. 75. Микрофото андезита (обр. 69/46), кварц с кристобалитом, Увел. 46. Без анализатора.

Основная масса с гиалопилитовой структурой состоит из лейст плагиоклаза, пироксена с опацитовой (магнетитовой) каемкой, а в некоторых случаях и полностью замещенной им (магнетитом), и относительно большого количества стекла с *N* меньшим, чем у канадского бальзама.

Магнетит частично замещает пироксен как во вкрапленниках, так и в зернах и мелких призмочках в основной массе.

Соседний с куполом «с пемзой», так называемый купол «с о щ и - том» сложен также андезитом [69/46], содержащим 60,22% SiO_2 . Этот андезит представляет собой плотную зеленовато-темно-серую породу с большим количеством белых вкрапленников плагиоклаза размером до 2х6 мм и до 2 мм в поперечнике. Макроскопически этот андезит [69/46] отличается от предыдущего [70/46] более крупными вкрапленниками и их большим количеством.

Вкрапленники плагиоклаза (по углам погасания в сечениях \perp РМ, равным в среднем $+40^\circ$) содержат 82% *An*. Вкрапленники гиперстена имеют опацитовую каемку, состоящую из магнетита, окруженного пленкой окиси 9

железа (гематита?). Наблюдается крупное раздробленное кварцевое зерно с кристобалитом в нем (фиг. 75).

Основная масса состоит из микролитов плагиоклаза и гиперстена. Последние частично замещаются магнетитовыми и гематитовыми (?) каемочками или только гематитовыми (?). Встречается также стекло с N меньшим, чем у канадского бальзама.

Несколько необычной породой является «пятнистый» андезит [60], обнажающийся в стенке дугообразного гребня вулкана Проблематичного, а также в западной части его [50] и у ручья Кислого [75].



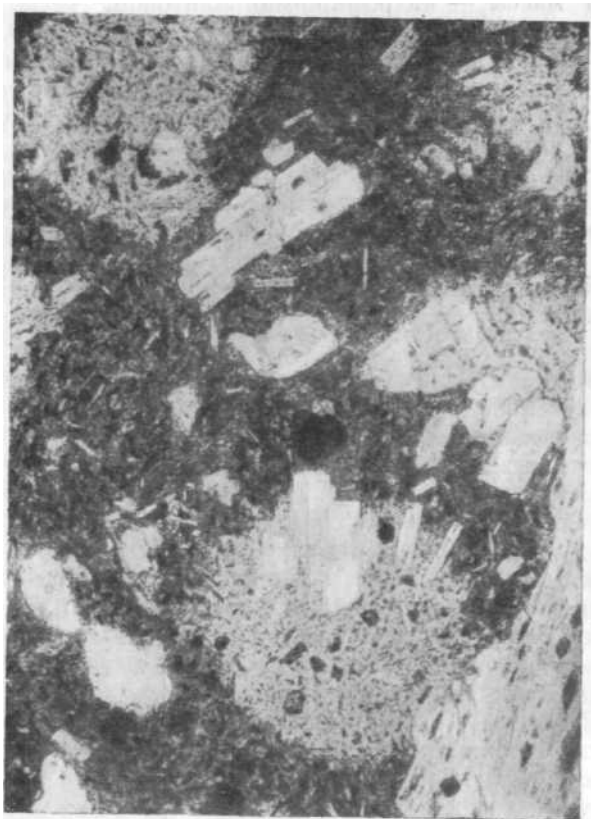
Фиг. 76. Микрофото пятнистого андезита (обр. 60).
Увел. 46. Без анализатора.

Андезит [60] представляет собой серую плотную породу с вкрапленниками плагиоклаза размером до 2 мм в поперечнике, а одного 5x7 мм и малыми микровкрапленниками пироксена размером до 0,5 мм в поперечнике.

Особенностью породы является нахождение, кроме обычных идиоморфных вкрапленников основного плагиоклаза, содержащего 82% *An* (по углам погасания в сечениях \perp РМ, равным в среднем $+40^\circ$), и зональных плагиоклазов, содержащих в двух крайних зонах соответственно 52 и 45% *An* (по углам погасания в сечениях \perp РМ, равным в среднем соответственно $+29^\circ$ и $+25^\circ$), еще округлых или приближающихся к прямоуголь-

пику выделений кислого плагиоклаза — олигоклаза, содержащего 20% *An* по $Np' = 1,538$ (фиг. 76).

Выделения олигоклаза, как правило, переполнены микровкрапленниками плагиоклаза и пироксена, а также микролитами плагиоклаза и малыми зернами пироксена. Эти выделения — пятна олигоклаза ведут себя, как монокристаллы или как сдвойникованные (но не полисинтетически) кристаллы. И каждый кристалл олигоклаза является как бы основной массой, в которой расположены упомянутые микровкрапленники, зерна и микролиты (фиг. 77), т. е. наблюдается типичное пойкилитовое прорастание.



Фиг. 77. Микрофото пятнистого андезита (оор. 60).
Увел. 90. Без анализатора.

Кроме отмеченных констант плагиоклаза, было еще определено процентное содержание анортитовой молекулы, по углам погасания в сечениях $\perp PM$: у более крупных плагиоклазов, равным в среднем $+40^\circ$, что соответствует содержанию 82% *An* (этот же плагиоклаз по $Np' = 1,566$ содержит 75% *An*); у вкрапленников плагиоклаза, расположенных целиком в бурой основной массе, 62% *An*, по углу, равному в среднем $+34^\circ$, и у микровкрапленников плагиоклаза, расположенных в олигоклазовых пятнышках, 52% *An* по $2V = -84^\circ$, и по оптической ориентировке $Ng = 54^\circ$, $Nm = 40^\circ$, $Np = 72^\circ$.

Константы небольшого вкрапленника гиперстена, находящегося в бурой основной массе: $2V = -54^\circ$, $cNg = 0^\circ$ или около него.

Необходимо отметить, что микролиты, находящиеся в некоторых олигоклазовых пятнышках, соприкасающихся с крупными вкрапленниками плагиоклаза, расположены так, что они действительно обтекают кристаллы плагиоклаза. Это обстоятельство говорит о том, что «пятна» олигоклаза кристаллизовались одними из последних.

В основной бурой массе немного брусочков, их обломков и микролитов плагиоклаза, малых зерен пироксена и рудного минерала и стекло с N значительно меньшим, чем у канадского бальзама.

Структура этой породы несколько необычная. Ее можно назвать двупорфировой или лучше порфирово-пойкилито-порфировидной, а структуру основной массы — витрофиро-микролитовой.

Последовательность кристаллизации в этой породе [60] следующая: гиперстен и основной плагиоклаз, рудный минерал, потом зерна пироксена и рудного минерала, затем кислый плагиоклаз — олигоклаз (образовавший такие же, а иногда и более крупные кристаллы, чем кристаллы самых крупных вкрапленников (плагиоклаза) и, наконец, стекло.

Таким образом, в данном андезите наблюдается интересный, довольно редкий, особенно для эффузивных пород, пример собирательной кристаллизации — образование крупных монокристаллов (правда, несколько округленных) почти в самом конце раскристаллизации породы.

Химический состав этой породы [60], по анализу Н. Н. Шавровой, приведен в табл. 19.

Таблица 19

Окислы	Вес. %	Мол. количество	Нормативный состав:
SiO ₂	61,27	1020	$Q = 20,2$
TiO ₂	0,71	9	$Or = 10,6$
Al ₂ O ₃	16,85	165	$Ab = 19,4$
Fe ₂ O ₃	3,18	20	$An = 30,3$
FeO	3,50	49	$di = 1,3$
MnO	0,16	2	$hy = 13,2$
MgO	3,02	82	$il = 1,4$
CaO	6,47	115	$hm = 3,2$
BaO	0,04	0,2	
Na ₂ O	2,30	37	
K ₂ O	1,78	19	
H ₂ O ⁺	0,40	—	
H ₂ O ⁻	0,47	—	
P ₂ O ₅	0,00	—	
Сумма	100,15	—	

Нормативный плагиоклаз содержит 75% An , т. е. соответствует основному плагиоклазу, определенному по показателю преломления. Но, кроме основного плагиоклаза, в породе есть и более кислые плагиоклазы и даже значительное количество олигоклаза. Следовательно, средник из находящихся в породе плагиоклазов должен был бы содержать меньшее количество, анортитовой молекулы, чем нормативный плагиоклаз. Повидимому, в данной породе относительно большая часть извести входит в состав реального (модального) пироксена, и поэтому получается завы-

шенное содержание извести в нормативном плагиоклазе. Нормативный гиперстен содержит 36% FeSiO_3 .

Порода, слагающая восточный склон вулкана Западны и Бараний, представляет собой плотный темно-серый андезит [85/46] с малыми (до 0,5 мм в поперечнике) вкрапленниками плагиоклаза, содержащий 61,41% SiO_2 . Вкрапленников мало, и они неравномерно распределены, в результате чего местами лава принимает как бы пятнистое строение.

Порода имеет порфировую структуру с вкрапленниками только плагиоклаза с 50% *An* (по углам погасания в сечениях \perp РМ, равным в среднем $+28^\circ$).

Основная масса весьма тонкокристаллическая, с флюкционной структурой, состоящая из очень малых микролитов и зерен плагиоклаза и кристаллов полевого шпата с *N* меньшим, чем у канадского бальзама, образующих как бы мезостази, в который погружены другие минералы. В основной массе содержится небольшое количество стекла с *N* меньшим, чем у полевого шпата, и сравнительно немного рудных зерен. Некоторые из них являются магнетитом, а другие — рудными псевдоморфозами по редким тонким призмочкам пироксена.

Порода отличается почти полным отсутствием пироксенов и вообще цветных минералов (не считая рудных).

Андезито-дациты и дациты

Купола Овальные сложены андезито-дацитом [34 и 35], содержащим [35], по анализу Н. Н. Постниковой, 62,76% SiO_2 .

В андезито-даците [34] содержится большое количество как незональных, так и зональных плагиоклазов, в ядре с 90% *An* (по углам погасания в сечениях \perp РМ, равным в среднем $+42^\circ$), в промежуточной зоне с 67% *An* (по углам погасания в сечениях \perp РМ, равным в среднем $+36^\circ$) и в кайме с 54% *An* (по углам погасания в сечениях \perp РМ, равным в среднем $+30^\circ$). Кроме того, имеется значительное количество вкрапленников гиперстена с $2V = -50^\circ$, $cNg = 8^\circ$ и с плеохроизмом по *Ng* — бледно-зеленым и по *Np* — слабо-желтоватым; мало вкрапленников моноклинного пироксена с $2V = +74^\circ$ и относительно много крупных зерен магнетита.

Встречаются разобрированные округленные зерна кварца. Структура породы серийно-порфировая, а основной массы — витрофировая. Показатель преломления стекла меньше, чем у канадского бальзама. Местами стекло тонко раскристаллизовано и замутнено. При больших увеличениях можно различить маленькие точки, иголочки и замутненные, с расплывчатыми границами, пятнышки, не реагирующие на поляризованный свет.

Купол «с кратером» сложен полосчатым андезито-дацитом [52], содержащим, по анализу Н. Н. Постниковой, 62,84% SiO_2 . Эта порода имеет порфировую структуру и витрофировую структуру основной массы.

Вкрапленники плагиоклаза (по углам погасания в сечениях \perp РМ, равным в среднем $+40^\circ$) содержат 82% *Ln*. У вкрапленников гиперстена $2V = -58^\circ$ (по двум осям), а у моноклинного пироксена $2V = +52^\circ$ и $cNg = 38^\circ$.

Стекло основной массы с *N* меньшим, чем у канадского бальзама и у мутных пятнышек.

Большая часть мутных пятнышек, имеющих разную форму, в том числе и сферическую, при скрещенных николях, слабо реагирует на поляризованный свет и имеет радиально лучистое строение. Показатель преломления пятнышек меньше *N* канадского бальзама, но больше *N* стекла. Невидимо, эти пятнышки принадлежат калиевому полевоому шпату.

Полукупол на собственно Центральном Семячке сложен вишне-

во-серой плотной породой [77/46] с белыми вкраплённиками плагиоклаза, размером до 1 мм в поперечнике и редкими, почти черными микровкраплённиками пироксена размером до 0,25 мм в поперечнике.

Эта порода является андезито-дацитом с содержанием SiO_2 63,28%. Она имеет вкраплённики плагиоклаза с 67% *An* (по углам погасания в сечениях \perp РМ, равным в среднем $+36^\circ$) и редкие вкраплённики гиперстена.

Основная масса состоит из лейст и микролитов плагиоклаза, большого количества зерен пироксена и сыпи рудного минерала. Последнего в породе много, благодаря чему основная масса кажется темно-серой.

Лавовый поток, спускающийся к океану между Седьмой и Восьмой речками, отличается наличием в темно-серой массе кремово-белых, как бы шлировых выделений длиной от 1 до 30—40 см и толщиной от 0,3 до 8—10 см, расположенных своими длинными осями как бы по течению потока.

Главная масса потоков состоит из андезито-дацита [139], очень близкого к дациту. Она представляет собой темно-серую с оскольчатым изломом, непрочную, легко раздробляющуюся породу с вкраплённиками пироксена и плагиоклаза размером до 0,5 мм в поперечнике и упомянутыми шлировыми выделениями.

В шлифе много вкраплёнников плагиоклаза, содержащего 50% *An* (по углам погасания в сечениях \perp РМ, равным в среднем $+28^\circ$), моноклинного пироксена, крупных вкраплёнников гиперстена и значительное количество относительно крупных зерен магнетита и гематита.

Основная масса состоит из буроватых слабо раскристаллизованных сгустков, волнистых полосок и светлых (белых) полосок и пятнышек.

Показатель преломления вещества буроватых полосок и сгустков меньше, чем у канадского бальзама, а *N* белых пятнышек и полосок меньше, чем у буроватых выделений. Кроме того, пятнышки и полоски обладают слабым двупреломлением и местами образуют копьевидные двойники, вследствие чего они могут считаться тридимитом. Буроватые же выделения представляют собой, по-видимому, калиевый полевой шпат.

Химический состав этой породы, по анализу Н. Н. Шавровой, приведен

Таблица 20

Оксиды	Вес. %	Мол. количество	Нормативный состав:
SiO_2	63,30	1054	$Q=23,8$
TiO_2	0,65	8	$C=2,3$
Al_2O_3	18,54	181	$Or=9,5$
Fe_2O_3	3,23	20	$Ab=27,8$
FeO	1,98	27	$An=24,5$
MnO	0,14	2	$hy=6,9$
MgO	1,65	41	$il=1,2$
CaO	4,93	88	$hm=3,2$
BaO	Сл.	—	
Na_2O	3,32	53	
K_2O	1,62	17	
H_2O^+	0,29	—	
H_2O^-	0,39	—	
P_2O_5	0,04	0,2	
Сумма	100,05	—	

в табл. 20. Нормативный плагиоклаз содержит 62% *An*, а гиперстен — 34% FeSiO_3 .

Шлировые выделения представляют собой кремово-белую с зеленоватым оттенком породу с вкрапленниками полевого шпата (плагиоклаза) размером до 2 X 3 мм и темными, почти черными вкрапленниками пироксена размером до 1 мм в поперечнике.

В этой породе [140], представляющей собой давит, много вкрапленников целых кристаллов плагиоклаза, содержащей 50% *An* (по углам погасания в сечениях \perp РМ, равным в среднем $+28^\circ$), мало гиперстена и магнетита.

В основной массе встречаются брусочки и бурые пятнышки в большинстве случаев неправильной формы, по-видимому ортоклаза, и выделения тридимита с копьевидными двойниками.

Химический состав шлирового выделения, по анализу Н. Н. Шавровой, приведен в табл. 21. Нормативный плагиоклаз содержит 57% *An*, а гиперстен — 40% FeSiO_3 .

Таблица 21

Оксиды	Вес. %	Мол. количество	Нормативный состав:
SiO_2	64,15	1068	$Q = 24,4$
TiO_2	0,61	8	$C = 3,0$
Al_2O_3	18,58	181	$Or = 11,7$
Fe_2O_3	3,00	19	$Ab = 29,4$
FeO	1,99	28	$An = 20,9$
MnO	0,13	1	$hy = 5,9$
MgO	1,28	31	$il = 1,2$
CaO	4,22	75	$hm = 3,0$
BaO	0,02	0,1	
Na_2O	3,48	56	
K_2O	2,06	21	
H_2O^+	0,30	—	
H_2O^-	0,38	—	
SO_3	0,10	1	
P_2O_5	0,05	0,3	
Сумма	100,15	—	

Как показывает сравнение анализов последних двух образцов [139 и 140], состав их очень близок, но только шлировые выделения несколько более кислые по сравнению с главной массой потока.

Более же темная окраска андезито-дацита [139] зависит, по-видимому, от того, что в нем распылен рудный минерал, а в даците [140] он более сконцентрирован в небольшое количество рудных зерен, которые не повлияли на цвет породы.

Вулкан Кулакова сложен дацитом [116], который представляет собой светло-серую породу с оскольчатым изломом, с маленькими вкрапленниками плагиоклаза размером до 1 мм в поперечнике и еще меньшими вкрапленниками пироксена.

Порода имеет порфиоровую структуру с криптокристаллическо-аллотриоморфнозернистой основной массой. В породе много вкрапленников

плаггиоклаза, содержащего 48% *An* (по углам погасания в сечениях \perp РМ, равным в среднем $+27^\circ$). Некоторые из них разобраны. В породе мало гиперстена и еще меньше крупных зерен рудного минерала — магнетита.

Основная масса состоит из мелких зерен с *N* немного большим, чем у канадского базальта, по-видимому, кислого плаггиоклаза и заполняющего небольшие участки между зернами светлого стекла с *N* значительно меньшим, чем у канадского базальта, и зерен полевого шпата. Сравнительно мало в основной массе рудных зерен.

Химический состав этого дацита [116], по анализу Н. Н. Шавровон, приведен в табл. 22. Плаггиоклаз, вычисленный по нормативным минералам, содержит 48% *An*, а нормативный гиперстен содержит 49% FeSiO_3 .

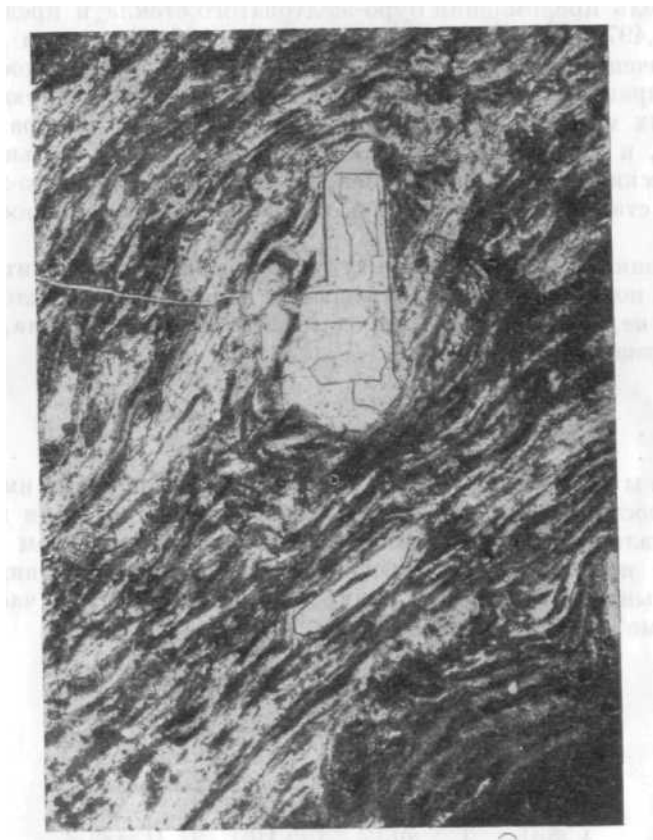
Таблица 22

Окислы	Вес. %	Мол. количество	Нормативный состав
SiO_2	66,50	1107	$Q = 26,0$
TiO_2	0,40	5	$C = 4,8$
Al_2O_3	19,65	192	$Or = 10,0$
Fe_2O_3	1,38	9	$Ab = 34,6$
FeO	1,81	25	$An = 17,0$
MnO	0,23	3	$hy = 5,4$
MgO	0,96	24	$il = 0,7$
CaO	3,42	61	$hm = 1,4$
Na_2O	4,13	66	
K_2O	1,73	18	
H_2O^+	0,15	—	
H_2O^-	0,19	—	
Сумма	100,55	—	

Таблица 23

Окислы	Вес. %	Мол. количество	Нормативный состав
SiO_2	67,02	1116	$Q = 22,9$
TiO_2	0,51	6	$C = 1,3$
Al_2O_3	17,08	168	$Or = 12,2$
Fe_2O_3	1,16	7	$Ab = 35,6$
FeO	2,62	36	$An = 18,1$
MnO	0,31	4	$hy = 7,5$
MgO	1,22	30	$il = 0,9$
CaO	3,66	65	$hm = 1,1$
Na_2O	4,27	68	
K_2O	2,11	22	
H_2O^+	0,34	—	
H_2O^-	0,14	—	
Сумма	100,44	—	

Дацит [83], слагающий северную часть вулкана Попкова, представляет собой породу, переполненную белыми вкрапленниками плагиоклаза размером до 3х5 мм, в черном блестящем стекле. Порода имеет порфировую структуру с витрофировой основной массой. Она состоит из крупных вкрапленников несколько оплавленного плагиоклаза, содержащего 44% An (по углам погасания в сечениях \perp РМ, равным в среднем $+24^\circ$) и гиперстена с $2V = -65^\circ$, cNg малый, $2V = -72^\circ$, cNg малый, $2V = -75^\circ$ (все по двум осям). Среднее $2V = -70^\circ$. Часто вкрапленники плагиоклаза вместе с крупными зернами магнетита образуют гломеропорфировые скопления.



Фиг. 78. Микрофото флюидального дацита (обр/ 91/46). Увел. 90. Без. анализатора.

Все вкрапленники погружены в чистое, чуть розоватое стекло с N значительно меньшим, чем у канадского бальзама. В стекле редкие, очень тонкие иголки, по-видимому гиперстена (?). На грани одного из плагиоклазовых вкрапленников раскристаллизовалась половинка сферолита буроватого цвета, по-видимому, состоящего из калиевого полевого шпата (ортоклаза).

Химический состав этой породы, по анализу Н. Н. Шавровой, приведен в табл. 23. Нормативный плагиоклаз содержит 49% An , а нормативный гиперстен — 53% $FeSiO_3$.

Среди дацитов вулкана Попкова часто встречаются породы с флюидальной структурой. Рассмотрение одной из них [91/46] представляет неко-

торый интерес. Порода содержит идиоморфные и оплавленные (разорбированные) кристаллы плагиоклаза, содержащие 56 и 44% *An* (по углам погасания в сечениях J_РМ, равным +31° и +24°), редкие вкрапленники пироксена, почти полностью заполненные опацитовой каемкой, и зерна рудного минерала.

Основная масса состоит из двухцветного стекла, буро-желтоватого в проходящем свете и красноватого в отраженном свете, и белого стекла (фиг. 78). Показатель преломления буро-желтоватого стекла несколько больше, чем у белого стекла, но значительно меньше, чем у канадского бальзама.

Показатель преломления буро-желтоватого стекла в пределах 1,496—1,499 или $1,49744 \pm 0,0015$. Буро-желтоватое и белое стекла расположены в виде то очень тонких, то несколько более толстых полосок, которые, обтекая вкрапленники, создают типичную флюидальную структуру. В некоторых местах шлифа буро-желтоватые полосы образуют как бы завихрения, в других местах — как бы «щеточки», в третьих — прерывчатые полосы, в четвертых — белое стекло между буро-желтоватыми полосками стало также бурым, но несколько иной окраски — чуть-чуть светлее.

Такую тонкополосчатую структуру стекла можно объяснить или только окислением по скрытым микротрещинам входящих в стекло соединений железа или неравномерным распределением вещества стекла, в частности железосодержащих соединений.

Риолито-дациты

Лавовый поток между Пятой и Шестой речками имеет риолито-дацитовый состав [146]. Макроскопически это светло-серая порода с оскольчатым изломом, с вкрапленниками пироксена (размером до 1х3 мм), плагиоклаза и кварца и с включениями пористых пемзовидных обломков с расплывчатыми краями (шлировые выделения или частично ассимилированные кусочки).

Таблица 24

Оксиды	Вес. %	Мол. количество	Нормативный состав
SiO ₂	70,02	1165	<i>Q</i> = 29,2
TiO ₂	0,34	4	<i>C</i> = 1,3
Al ₂ O ₃	15,23	149	<i>Or</i> = 17,2
Fe ₂ O ₃	1,77	11	<i>Ab</i> = 32,5
FeO	1,01	14	<i>An</i> = 11,9
MnO	0,22	3	<i>hy</i> = 3,9
MgO	0,92	22	<i>il</i> = 0,6
CaO	2,42	43	<i>hm</i> = 1,7
Na ₂ O	3,86	62	
K ₂ O	2,95	31	
H ₂ O ⁺	0,52	—	
H ₂ O ⁻	0,68	—	
Сумма	99,94	—	

Порода состоит из вкрапленников и обломков кварца, плагиоклаза 48% *An* (по углам погасания в сечениях \perp РМ, равным в среднем $+27^\circ$), гиперстена с $2V = -58^\circ$ (по двум осям) и $cNg = 4^\circ$ и магнетита.

Таблица 25

Оксиды	Вес. %	Мол. количество	Нормативный состав:
SiO ₂	65,12	1084	$Q = 19,0$
TiO ₂	0,96	12	$Or = 13,4$
Al ₂ O ₃	16,70	164	$Ab = 36,7$
Fe ₂ O ₃	2,31	14	$An = 19,6$
FeO	2,20	31	$hy = 7,0$
MnO	0,14	2	$il = 1,8$
MgO	1,69	42	$hm = 2,2$
CaO	3,91	70	
BaO	0,05	0,5	
Na ₂ O	4,37	70	
K ₂ O	2,30	24	
H ₂ O ⁺	0,40	—	
H ₂ O ⁻	0,08	—	
P ₂ O ₅	0,07	—	
SO ₃	0,07	—	
Сумма	100,37	—	

Таблица 26

Оксиды	Вес. %	Мол. количество	Нормативный состав:
SiO ₂	69,03	1149	$Q = 24,5$
TiO ₂	1,04	13	$C = 0,5$
Al ₂ O ₃	15,46	151	$Or = 17,8$
Fe ₂ O ₃	1,43	9	$Ab = 36,7$
FeO	1,79	25	$An = 12,4$
MnO	0,12	1	$hy = 4,4$
MgO	1,10	27	$il = 2,0$
CaO	2,45	44	$hm = 1,4$
BaO	0,06	0,5	
Na ₂ O	4,35	70	
K ₂ O	3,04	32	
H ₂ O ⁺	0,20	—	
H ₂ O ⁻	0,10	—	
P ₂ O ₅	0,05	—	
SO ₃	0,05	—	
Сумма	100,27	—	

Основная масса с фельзитовой структурой состоит из почти полностью раскристаллизованного стекла в виде маленьких зерен слабо двупреломляю-

оих при скрещенных николях и явно двупреломляющих в сходящемся свете, с N меньшим, чем у канадского бальзама, принадлежащих, по видимому, калиевому полевоому шпату. Изотропного вещества — стекла очень мало. Его N также меньше, чем у канадского бальзама и калиевого полевого шпата. Кроме того, в основной массе заключены редкие маленькие пылинки рудного минерала.

Химический анализ, произведенный Н. Н. Шавровой, выявил следующий состав этой породы [146], приведенный в табл. 24. Нормативный плагиоклаз содержит 41% An , а нормативный гиперстен — 37% $FeSiO_3$.

Р и о л и т о в а я пемза состоит из стекла с $N = 1,498$ и редких вкрапленников кварца. Содержание в ней SiO_2 составляет 74,36%.

Туфолавы

Туфолавы уже рассматривались (Влодавец, 1953, 1957). Здесь же приведем только их химические составы.

Химический состав «цемента» [17 сер.], по анализу Н. Н. Шавровой, приведен в табл. 25. Плагиоклаз, вычисленный по нормативным минералам, содержит 50% An , а нормативный гиперстен — 40% $FeSiO_3$.

Химический состав темных блестящих линзообразных, лепешкообразных и иных форм «включений» [17 чер.], по анализу Н. Н. Шавровой, приведен в табл. 26.

Плагиоклаз, вычисленный по нормативным минералам, содержит 39% An , а гиперстен — 39% $FeSiO_3$.



9. ПОРОДООБРАЗУЮЩИЕ МИНЕРАЛЫ В ЛАВАХ СЕМЯЧИНСКОГО РАЙОНА

Список минералов, слагающих лавы Семячинского района, небольшой. В него входят: кварц, тридимит, кристобалит, калиевый полевой шпат, плагиоклазы, оливин, гиперстен, моноклинный пироксен, амфибол, эпидот, рудный минерал (магнетит и гематит), лейкоксен, апатит и вулканическое стекло.

Однако преобладающую роль в минералогическом составе почти всех лав играют плагиоклаз, гиперстен и отчасти моноклинный пироксен. Значительную роль играет рудный минерал, преимущественно магнетит.

Оливин встречается относительно редко — в некоторых базальтах п андезито-базальтах.

В небольших количествах находятся минералы кремнезема и из них особенно кристобалит и отчасти тридимит, а в более кислых лавах и кварц. Играя второстепенную роль, они тем не менее почти всегда присутствуют в вулканических породах Семячинского района.

Встречается в более кислых породах и калиевый полевой шпат. Совершенно незначительную, случайную роль играют амфибол, эпидот и лейкоксен. Отсутствие роговых обманок в лавах указывает, по-видимому, на бедность данной магмы летучими или, вернее, на сравнительно легкое их выделение до начала кристаллизации лавы.

Таким образом, главными породообразующими минералами в этой группе лав являются плагиоклазы, гиперстен и моноклинный пироксен.

К ним следует присоединить рудный минерал и вулканическое стекло.

Плагиоклазы. В табл. 27 приведено содержание анортитовой молекулы в лавах Семячинского района, определенное оптическим методом и вычисленное по нормативным минералам.

В табл. 28 данные по составу вкрапленников плагиоклаза, приведенные в предыдущей таблице, сгруппированы по породам.

Как видно из табл. 28, в базальтах содержание анортитовой молекулы колеблется от 82 до 90% An , понижаясь в серийных вкрапленниках до 62—68%. В четвертичном базальте [16] основность плагиоклаза 58% An .

Что же касается нормативного плагиоклаза, то в семячинских базальтах он состоит из 80—86% An , за исключением одного, в котором 62,5% An (причем этот последний базальт, слагающий юго-западный поток Малого Семячика, занимает среди лав Семячинского района по числовым характеристикам на диаграмме векторов А. Н. Заварицкого самое низкое положение).

В андезито-базальтах основность вкрапленников плагиоклазов такая же, как и у базальтов, т. е. от 82 до 90% An , каковое обстоятельство является нормальным, так как разграничение эффузивов базируется на основности микролитов плагиоклаза в основной массе, как об этом писал

ещё более полвека тридцати лет тому назад Ф. Ю. Левинсон-Лессинг (1925). Он отмечал также, что при разделении эффузивов на породы наиболее надежным критерием является их химическая характеристика.

Таблица 28

Название породы	Содержание анортитовой молекулы (An) во вкрапленниках, %		
	по углам погасания в сечениях \perp РМ		нормативный плагиоклаз
	преобладаю- щее количе- ство	отклонения	
Базальт	82—90	62—68,58	80—86,62,5
Андезито-базальт . .	82—90	62—68,54	71—77
Андезит	75—82	45—67,90	75—77
Андезито-дацит . . .	50—67	—	57—62
Дациит	44—48	—	48—49
Риолито-дацит . . .	48	—	41

В серийных вкрапленниках в семячинских андезито-базальтах основность плагиоклазов понижается до 62—68% An и только в одной лаве с купола Корона она уменьшается до 54% An. Нормативный же плагиоклаз в андезито-базальтах содержит 71—77% An.

Во вкрапленниках плагиоклаза в андезитах содержится анортитовая молекула в пределах 75—82%, понижаясь в двух случаях до 45 и 67% и увеличиваясь в одном случае до 90%. Нормативный плагиоклаз в семячинских андезитах содержит 75—77% An.

В андезито-дацитах плагиоклаз имеет 50—67% An, а нормативный плагиоклаз содержит 57—62% An.

В дацитах вкрапленники плагиоклаза содержат 44—48% An, а нормативный плагиоклаз — 48—49% An.

В риолито-даците плагиоклаз содержит 48% An, а нормативный плагиоклаз — 41% An.

Данные, приведенные в табл. 27 и 28, показывают, с одной стороны, в общем закономерное последовательное уменьшение анортитовой молекулы во вкрапленниках плагиоклаза и, с другой — их повышенную основность, обычную как для лав из других районов Камчатки, так и для некоторых эффузивов других наших и зарубежных вулканических областей.

Гиперстен является вторым по распространенности минералом среди вкрапленников в семячинских лавах. Оптические константы и состав гиперстена, как это видно из табл. 29 и 30, не постоянны.

Основываясь на величине угла оптических осей и судя по приведенной А. Н. Винчеллом (1949) кривой, связывающей в гиперстенах значения $2V$ с составом, содержание FeSiO_3 в семячинских лавах колеблется от 26 до 57%, а в нормативном гиперстене от 28 до 57%.

Судя по химическим анализам пород, нормативные гиперстены близки по составу к гиперстенам, определенным по углам оптических осей, за исключением гиперстена в даците и отчасти в андезито-базальте, в которых наблюдаются значительные отклонения.

№ образца	2V, °	cNg, °	Определение по числу осей	FeSiO ₃ , %	№ образца	2V, °	cNg, °	Определение по числу осей	FeSiO ₃ , %
54	—50	2	Одной	57	58	—58	—	Двум	44
54	—58	4	»	44	59	—58	0	»	44
34	—50	8	»	57	146	—58	4	»	44
57	—52	0	»	57	146	—58	—	»	44
36	—52	0	»	57	21	—60	7	»	41
36	—58	0	»	44	24	—60	—	»	41
36	—58	—	Двум	44	88	—60	—	»	41
36	—64	8	Одной	36	110	—60	Мал.	»	41
38	—51	0	Двум	57	133	—61	8	»	40
84/3	—52	0	Одной	57	95	—61	Мал.	»	40
84/1	—53	0	Двум	55	113	—62	10	Одной	39
84/1	—70	—	»	31	113	—62	—	Двум	39
84/1	—71	—	»	30	47	—63	0 (мелк.)	»	38
26	—54	0	Одной	50	47	—71	0 (круп.)	»	30
30	—54	0	Двум	50	111	—64	Мал.	»	36
31	—54	0	»	50	138	—64	—	»	36
31	—62	0	»	39	83	—65	—	»	35
60	—54	0	Одной	50	83	—72	Мал.	»	28
					83	—75	—	»	26
50	—55	Мал.	Двум	48	45	—68	Мал.	»	33
50	—58	»	»	44	45	—70	0	»	31
143	—57	2	»	43			в осн.массе		
143	—58	—	»	44					
39	—58	5	»	44	75	—68	10	Одной	33
52	—58	—	»	44	75	—72	Около	Двум	28
							10		
58	—58	—	»	44	90	—73	0	»	27

Как показали измерения угла оптических осей гиперстенов в лавах Семячинского района (табл. 29), значение его колеблется от -50° до -75° ,

Таблица 30

Название породы	2V, °	Содержание FeSiO ₃ , %	
		по 2V	нормативный гиперстен
Базальт	—60 —62	39—41	37—41
Андезито-базальт . .	—63 —71	30—38	28—47
Андезит	—50 —64	36—57	36—45
» чаще всего	—54 —58	44—50	—
Андезито-дацит . . .	—58 —	44	34—40
Дацил	—65 —75	26—35	53
Риолито-дацит . . .	—58 —	44	37—40

причем в 29 измерениях угол колеблется от -50° до -60° , а в 20 измерениях — от -60° до -75° .

Наибольшее число измерений (в 12 случаях из 49) дало $2V = -58^\circ$.

Таким образом, гиперстен в упомянутых лавах, судя по приведенным данным, достаточно железистый — от 40 до 57% FeSiO_3 , но в андезито-базальтах и дацитах содержание железистой молекулы несколько понижено — от 26 до 38% FeSiO_3 , т. е. гиперстен представлен более магнезиальной разностью (табл. 30).

Судя по химическому составу пород, состав нормативного гиперстена близок к составу гиперстена, определенному по углу оптических осей, за исключением гиперстена в кислых лавах, в которых наблюдается отклонительно большое несогласие между ними.

А в общем состав гиперстена во всех перечисленных группах пород относительно близок, и закономерности в изменении состава гиперстена и связи с изменением основности пород незаметно.

Следует отметить колебания значений $2V$ у гиперстенов в одном шлифе. Такие колебания встречаются, вероятно, достаточно часто. Так, Б. И. Пийпом (1941) приведены разные значения $2V$ у гиперстена для двупироксеновых андезитов: в образце № 96-е $2V = -54^\circ, -56^\circ, -57^\circ, -59^\circ, -60^\circ, -63^\circ$; в образце № 98-с $2V = -73^\circ, -74^\circ, -75^\circ, -79^\circ$; в образце № 91 $2V = -55^\circ, -57^\circ, -59^\circ$; в зональном ядре -56° и на краю -69° .

В четвертичных андезитах $2V = -59^\circ, -61^\circ, -63^\circ, -66^\circ$; в зональном ядре -70° , и на краю -55° .

В андезитах куполов в образце № 8-а $2V = -55^\circ, -58^\circ, -60^\circ, -61^\circ, -64^\circ$, в образце № 8d $2V = -58^\circ, -60^\circ, -70^\circ$.

Как видно, изменения угла оптических осей гиперстена в одном образце значительные. Видимо, они зависят, в первую очередь, от изменения состава гиперстенов. В одной породе (даже в одном шлифе) такие изменения наблюдаются в зональных гиперстенах или в гиперстенах более крупного (вкрапленниках) и более мелкого размера (обычно в основной массе). Но несколько неясна картина изменения угла оптических осей в зернах гиперстена примерно одинаковых размеров в одном шлифе.

Изменения $2V$ в них, по-видимому, связаны или с механическими напряжениями или, быть может, с частичным окислением в отдельных зернах гиперстена закисного железа в окисное, что может, по мнению В. С. Соболева (1947), повлиять и на оптические свойства гиперстена.

Моноклинный пироксен среди изученных лав довольно широко распространен. Он является основной частью базальтов, андезито-базальтов, двупироксеновых андезитов и андезито-дацитов.

Судя по углам оптических осей и углам погасания, приведенным в табл. 31, моноклинные пироксены относятся в главной своей массе к авгиту. В них $2V$ изменяется от $+50$ до $+54^\circ$, а cNg — от 31 до 42° преимущественно в базальтах.

Другие пироксены, по-видимому, более известковые, имеют $2V$ от $+62^\circ$ до $+74^\circ$ и $+86^\circ$ и cNg $28-45^\circ$.

Выделяется группа пироксена с повышенным значением $2V$ от $+70$ до $+74$ и $+86^\circ$. Как известно, на величину угла оптических осей сильно влияет содержание извести, с повышением которого соответственно увеличивается угол оптических осей.

Как ранее отмечалось в литературе и недавно А. Н. Заварицким (1953), пироксены в вулканических породах представляют собой группу со сложным составом, вследствие чего определение их состава по оптическим свойствам только приблизительное и название минерала в значительной степени условное.

Поскольку, как это видно из диаграммы векторов, некоторые породы пересыщены глиноземом, весьма вероятно, что в составе моноклинных пироксенов находится некоторая примесь и глинозема.

По работе же А. И. Цветкова (1951) примесь глинозема мало влияет на оптические свойства, поэтому можно пробовать определить в моноклинных пироксенах относительные содержания CaSiO_3 , MgSiO_3 , FeSiO_3 , пользуясь наиболее новой диаграммой Хесса (1949).

Судя же по диаграмме, приведенной в книге А. Н. Винчелла (1949), преобладающая масса семячинских моноклинных пироксенов относится к авгиту.

Таблица 31

№ образца	2V, °	cNg°	Определение по числу осей
30	+50	38	Двум
36	+50	38	»
39	+52	33	»
39	+52	31	» в ядре
39	+53	38	» у периферии
41	+52	38	» » »
52	+52	38	Одной
53	+52	36	»
50	+52	4(?)	Двум
50	+53	20	» (зональный)
50	+54	Мал. (?)	»
110	+52	46	» (волнистое погасание)
113	+52	32	» (плохое неровное)
24	+54	36	Одной
26	+54	35	»
59	+54	42	Двум
33/46	+62	—	»
141	+66	4(?)	»
31	+70	28	Одной
38	+72	45	» (плохо устанавливается)
34	+74	—	Двум
130	+86	30	»
111	+80	—	—

Если сравнить частоту нахождения по углам оптических осей семячинских моноклинных пироксенов с пироксенами диопсидавгитового ряда для эффузивных и интрузивных пород (Веселовская, 1950), то максимальное число случаев из семячинских пород занимает промежуточное положение между максимальными значениями для интрузивных и эффузивных пород.

Оливин не играет такой роли как предыдущие три минерала. Углы оптических осей оливинов, измененные в шести образцах, приведены в табл. 32.

Таким образом, упомянутые оливины, по содержанию в них железистой молекулы, можно расчленить на две группы: более железистые, относящиеся к гортонолиту, и более магнезиальные, относящиеся к хризолиту.

Минералы кремнезема. В вулканических породах Семячинского района часто встречаются минералы кремнезема, из которых чаще наблюдаются тридимит и кристобалит.

Они встречаются вместе или чаще в отдельности почти во всех, от кислых до основных, породах, и характеризуются низкими показателями преломления. Они отличаются друг от друга обычно, по копьевидным двойникам у тридимитов и черепитчатой структуре у кристобалитов.

Таблица 32

№ образца	2V, °	Определение по числу осей	Содержание Fe ₂ SiO ₄ в мол., %
24	+88	Одной	10
125	—88	»	16
125	—86	Двум	24
33/46	—86	»	24
33/46	—	$Ng' = 1,715$	19
33/46	—	$Np' = 1,673$	20
50	—69	Двум	60
50	—64	»	70
138	—62	»	75
75	—55	»	85

Кристобалит обнаружен в базальтах [67/38, 47, 88], в андезито-базальтах [70/38] и в андезитах [69/46, 84/46], причем в образце [69/46] в трещинках, расщепивших кварц.

Тридимит обнаружен в базальте [88] и в андезито-даците [139, 140].

Кварц наблюдался в риолито-даците [146], в андезите [69/46] и андезито-базальте [89/46], в последнем в виде оплавленных крупных зерен. По-видимому, это — захваченные зерна, особенно в андезито-базальте.



10. ОСОБЕННОСТИ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА СЕМЯЧИНСКИХ ЛАВ

Как показали минералогический состав и химические анализы (табл. 33) семячинских лав, среди них имеются все главные представители вулканических пород ряда базальт-риолит, содержащие от 46,60% до 74,36% SiO_2 . Базальтами сложены преимущественно более крупные вулканические сооружения, такие, как Большой Семячик, Центральный Семячик, Малый Семячик, вулкан Попкова и остаток крупного вулкана Стена. Андезито-базальтами сложены некоторые из последних лавовых потоков Малого Семячика и Двойного, Ступенчатого бастиона, вулкана Иванова, и короткие лавовые потоки куполов Корона и Еж. Другие купола состоят из андезитовых лав, а дугообразный гребень, Овальный, купол «с кратером», полукупол и другие вулканические образования (южный хребтообразный склон вулкана Проблематичного и потоки между Седьмой и Восьмой речками) сложены андезито-дацитами, вулкан Кулакова и северная часть вулкана Попкова — дацитами, а поток между Пятой и Шестой речками — риолито-дацитами.

Этот обычный ряд лав отличается некоторыми особенностями химизма, о которых можем судить по химическим анализам и их числовым характеристикам (табл. 34) и особенно по диаграмме векторов (фиг. 79) А. Н. Заварицкого (1944).

По содержанию полевошпатовых щелочей и плагиоклазовой извести семячинские лавы образуют две линии, т. е. они принадлежат как бы двум типам пород.

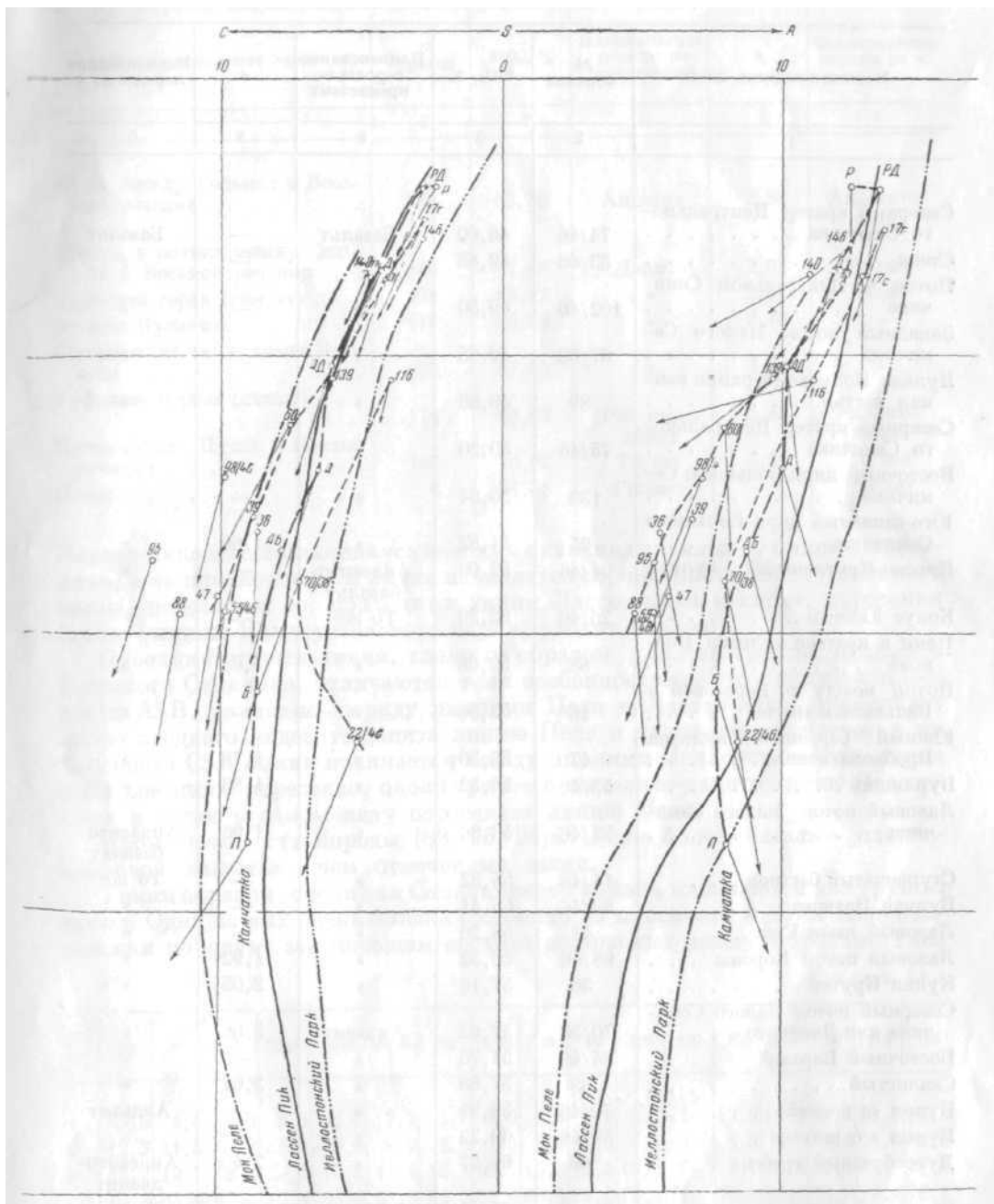
Для сравнения их с лавами других районов Камчатки была вычерчена типичная общекамчатская линия, построенная по средним составам вулканических пород Камчатки (табл. 35), опубликованным В. И. Влодавцем (1939).

Средние составы были выведены для риолитов из 11 анализов, риолито-дацитов — из 4, дацитов — из 15, андезито-дацитов — из 16, андезитов — из 19, андезито-базальтов — из 37, базальтов — из 59 и пикрит-базальтов — из 3 анализов.

Проекция линии, построенной по этим данным на плоскость *ASB*, занимает среднее положение между линиями типов Пеле и Лассен-пика и только для самых основных пикрит-базальтовых пород уклоняются вправо и их фигуративная точка лежит на линии типа Йеллоустонского парка.

На плоскости *CSB* общекамчатская линия — от среднего андезита и выше сливается с линией Лассен-пика, а ниже андезита лежит между линиями Пеле и Лассен-пика.

Проекция первой линии, преимущественно для малосемячинских пород, расположена на плоскости *ASB* дугообразно между линиями



Фиг. 79. Диаграмма векторов:

А — андезит; Б — базальт; Д — дацит; Л — пикрит-базальт; Р — риолит; АБ — андезито-базальт;
 АД — андезито-дацит; РД — риолито-дацит.

Таблица 33

Местонахождение лавы	№ образца	SiO ₂ , %	Наименование породы по кремнезему	α	Наименование породы по α
1	2	3	4	5	6
Северный кратер Центрально-го Семячика	74/46	48,60	Базальт	—	Базальт
Стена	33/46	49,48	»	—	»
Поток на Центральном Семя- чике	102/46	49,50	»	—	»
Западный поток Малого Се- мячика	67/38	49,65	»	—	»
Вулкан Попкова (верхняя юж- ная часть)	89	49,88	»	—	»
Северный кратер Центрально- го Семячика	75/46	50,20	»	—	»
Восточный цирк Большого Се- мячика	133	50,64	»	—	»
Юго-западный цирк Большого Семячика	95	51,82	»	1,60	»
Плоско-Кругленький вулкан	94/46	52,06	Андезито- базальт	—	»
Конус Южный	26/46	52,39	То же	—	»
Некк в кратере вулкана Поп- кова	88	52,68	»	1,64	»
Поток между р. Березовой и Ванькиным мысом	16	52,86	»	—	»
Южный барранкос вулкана Проблематичного	47	53,30	»	1,76	»
Бурлящий	55/46	53,32	»	1,83	»
Лавовый поток Малого Семя- чика	22/46	53,86	»	1,96	Андезито- базальт
Ступенчатый бастион	14/46	55,32	»	—	То же
Вулкан Иванова	89/46	55,41	»	—	»
Лавовый язык Ежа	41	56,20	»	—	»
Лавовый поток Короны	98/46	56,32	»	1,92	»
Купол Крутой	36	57,16	»	2,05	»
Северный поток Малого Семя- чика или Двойного	70/38	57,62	Андезит	2,08	»
Восточный Бараний	84/46	57,75	»	—	»
Скалистый	39	57,88	»	2,04	»
Купол «с пемзой»	70/46	59,91	»	—	Андезит
Купол «со щитом»	69/46	60,22	»	—	»
Дугообразный гребень	60	61,27	»	2,40	Андезито- диабазит
Западный Бараний	85/46	61,41	»	—	То же
Южный отрог вулкана Про- блематичного	19	61,98	»	—	»
Овальный	35	62,76	»	—	»
Купол «с кратером»	52	62,84	»	—	»
Полукупол на Центральном Семячике	77	63,28	»	—	»

Таблица 33 (продолжение)

Местонахождение лавы	№ образца	SiO ₂ , %	Наименование породы по кремнезему	α	Наименование породы по α
1	2	3	4	5	6
Поток между Седьмой и Восьмой речками	139	63,30	Андезит	2,56	Андезито-дацит
Шлиры в потоке между Седьмой и Восьмой речками . .	140	64,15	Дацит	2,65	То же
Туфолава серая (цемент) . . .	17с	65,12	»	2,84	Дацит
Вулкан Кулакова	116	66,50	»	2,78	»
Северная часть вулкана Попкова	83	67,02	»	3,00	»
Туфолава черная (линзы) . . .	17ч	69,03	Риолито-дацит	3,42	Риолито-дацит
Поток между Пятой и Шестой речками	146	70,02	То же	3,57	То же
Пемза	8	74,36	Риолит	—	Риолит

Лассен-пика и Пеле, начинаясь вверху оканчиваясь внизу у линии Лассен-пика, а на плоскости *CSB* линия начинается справа линии Иеллоустонского парка, пересекает ее, подходит к линии Лассен-пика и снова, пересекая (внизу) линию Иеллоустонского парка, уходит вправо.

Проекции вторых линий, главным образом для лав группы вулканов Большого Семьячика, отличаются теми особенностями, что линия на плоскости *ASB*, начинаясь между линиями Пеле и Лассен-пика, пересекает около среднего андезито-дацита линию Пеле и далее уходит влево, а на плоскости *GSB* линия начинается между линиями Иеллоустонского парка и Лассен-пика, пересекает около среднего андезито-дацита линию Лассен-пика и затем в самом низу пересекает линию Пеле.

Кроме того, есть породы [88, 95, 98/46], еще более богатые плагиоклазовой известью, чем отмеченные выше.

Таким образом, среди лав Семьячинского района намечаются две группы пород. Одна из них очень близка (особенно на плоскости *ASB*) к общекамчатским породам, занимающим среднее положение между породами типа

Таблица 34

№ образца	95	88	47	22/46	55/46	98/46	36	70/38	39	60	139	140	17с	116	83	17ч	146
a	5,5	4,8	6,0	8,5	5,5	7,2	5,7	8,0	6,8	7,9	9,7	11	12,9	11,2	12,2	13,7	12,5
c	12,5	11,5	10,2	5,2	9,9	9,9	8,8	7,3	8,9	7,6	6,1	5	4,8	4,0	4,4	3,0	2,9
b	17,4	19,3	18,6	23,9	19,2	14,4	16,3	18,1	15,8	12,5	10,8	7	7,1	10,9	7,4	5,4	5,9
s	64,6	64,4	65,2	62,4	65,4	68,5	69,2	66,6	68,5	72,0	73,4	77	75,2	73,9	76,0	77,9	78,7
a'	—	—	16	—	—	16	—	—	15	—	30	37	—	57	24	12	30
f'	54	49	39	44	55	45	52	39	42,5	51	44	43	59	28	49	54	45
m'	42	48	45	48	41	39	41	50	42,5	46	26	20	41	15	27	34	25
c'	4	3	—	8	1	—	7	11	—	3	—	—	—	—	—	—	—
n	75	85	85	72	87	80	97	74	77	66	76	73	74	78	75	68	66
Q	5,7	7,7	8,2	2,6	9,9	12,7	18,2	9,9	14,5	20,6	21,3	27,0	19,8	21,4	23,2	25,4	29,5

Пеле и типа Лассен-пика. Другая группа отличается большим содержанием плагиоклазовой извести, а ниже среднего андезита значительно большим ее количеством, большим, чем даже породы типа Пеле.

Таблица 35

Компоненты	Пикрит-базальт		Базальт		Андезито-базальт		Андезит		Андезито-дацит		Дациит		Риолито-дацит		Риолит	
	вес. %	мол. кол-во	вес. %	мол. кол-во	вес. %	мол. кол-во	вес. %	мол. кол-во	вес. %	мол. кол-во	вес. %	мол. кол-во	вес. %	мол. кол-во	вес. %	мол. кол-во
SiO ₂	45,54	758	51,47	857	55,37	922	58,68	977	61,64	1026	66,17	1103	69,31	1154	72,41	1205
TiO ₂	0,75	9	0,87	11	0,96	12	0,83	10	0,48	6	0,47	6	0,38	5	0,28	4
Al ₂ O ₃	18,37	180	17,91	176	17,64	173	16,93	166	16,84	165	16,05	157	14,46	142	13,15	128
Fe ₂ O ₃	7,69	48	4,44	28	3,77	24	3,03	19	3,93	24	3,09	19	2,47	15	2,54	16
FeO	4,46	62	5,01	70	4,57	64	4,15	57	2,31	32	1,34	18	1,31	18	0,78	11
MnO	0,12	3	0,13	4	0,13	4	0,12	3	0,11	3	0,08	2	0,03	1	0,06	1
MgO	6,27	155	5,74	142	3,96	98	3,20	79	2,32	57	1,33	32	0,71	17	0,56	14
CaO	10,61	189	9,12	162	7,72	137	6,30	118	5,23	94	3,62	64	2,45	43	1,98	35
Na ₂ O	2,70	44	2,64	43	3,04	49	3,34	54	3,66	59	3,83	62	4,47	72	3,69	60
K ₂ O	1,17	12	1,03	11	1,24	13	1,73	18	1,75	18	2,48	26	2,78	26	3,07	33
P ₂ O ₅	—	—	0,22	1	0,26	2	0,24	1	0,21	1	0,17	1	—	—	0,06	1
П. п. п.	1,97	—	0,97	—	0,94	—	1,13	—	1,24	—	1,10	—	1,51	—	1,15	—
H ₂ O ⁻	0,35	—	0,45	—	0,40	—	0,32	—	0,28	—	0,27	—	0,12	—	0,27	—
a	8,1	—	7,7	—	8,8	—	10,1	—	10,2	—	11,9	—	13,5	—	12,5	—
c	9,0	—	8,7	—	7,9	—	6,6	—	6,2	—	4,4	—	2,9	—	2,4	—
b	27,5	—	22,1	—	17,0	—	14,1	—	10,4	—	6,9	—	4,0	—	3,9	—
s	55,4	—	61,5	—	66,3	—	69,2	—	73,2	—	76,8	—	79,6	—	81,2	—
a'	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	10	—	4	—	—	—
f'	42	—	42	—	48	—	49	—	57	—	58	—	67	—	76	—
m'	41	—	45	—	41	—	39	—	39	—	32	—	29	—	24	—
c'	17	—	13	—	11	—	12	—	4	—	—	—	—	—	—	—
n	61	—	80	—	79	—	75	—	77	—	70	—	73	—	64	—
Q	14,4	—	1,1	—	7,1	—	11,6	—	19,8	—	25,4	—	29,3	—	35,0	—
Обозначения на диаграмме	П	—	Б	—	АБ	—	А	—	АД	—	Д	—	РД	—	Р	—

Кроме того, почти все семячинские кислые лавы отличаются пересыщенностью глиноземом. Остальные же лавы, не пересыщенные глиноземом, содержат сравнительно малые количества свободной извести, но отличаются значительной магнезиальностью и железистостью.

Значительно повышенное содержание анортитовой молекулы, особенно в средних и основных семячинских лавах, большее, чем даже в породах типа Пеле, и пересыщение глиноземом кислых и отчасти средних лав обычно связывают с ассимиляцией магмой глинистых пород.

При этом, как отмечают В. С. Соболев и др. (1947), поглощенный глинозем, с одной стороны, соединяясь с большей частью кальция, вызывает увеличение основности плагиоклаза и образование ромбического пироксена вместо моноклинного, а с другой стороны, соединяясь со щелочами, понижает их относительную концентрацию и активность в магме. Примерно такая картина наблюдается и среди лав Семячинского района.

Рассматривая химическую природу лав Семячинского района, необходимо остановиться на содержании в них рассеянных элементов, так как нахождение их или отсутствие также влияет на химические особенности этих лав.

В породах Семячинского района Н. Н. Шавровой путем спектрального анализа были определены: Be, V, Cr, Co, Ni, Si, Ga, Sr, Zr, Mo, Ba и Pb.

Распределив эти элементы по группам периодической системы Д. И. Менделеева и присоединив к ним элементы, определенные валовыми анализами, получаем, что в лавах определены элементы 8 групп (табл. 36).

Таблица 36

Способ определения	Группы							
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
По химическому анализу	H, Na, K—	Mg, Ca—	— Al	Ti—Sb	—P	—O, S	Mn F, Cl	Fe
По спектральному анализу	— Cu	Be, Sr, Ba—	— Ga	Zr—Pb	V—	Cr, Mo—	—	Co, Ni

Сравнивая количество элементов в группах системы Д. И. Менделеева с количеством определенных нами химическим и спектральным анализами (табл. 37), видим, что наибольшее число элементов обнаружено

Таблица 37

	Группы								
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	0
Число элементов в группе	10	9	9	9	9	9	8	9	6
Число элементов, определенных химическим и спектральным анализами	4	5	2	4	2	4	3	3	—
Элементов в группе, %	40	55	22	44	22	44	37	33	0

во II группе (55%), причем наиболее полно представлены элементы левого столбца — почти всеми (радий не определялся, но по всей вероятности, присутствует в ничтожных количествах), но нет ни одного элемента правого столбца. Наименьшее же количество элементов в III и V группах (не считая группу инертных газов), в которых обнаружено по 22% элементов.

Бериллий, молибден и свинец играют незначительную и отчасти случайную роль. Из 24 образцов пород только в пяти обнаружен бериллий в самом незначительном количестве, причем он обнаружен как в основной, так и в средней и кислой лавах. В незначительном количестве обнаружен молибден только в двух породах — в андезито-базальте и риолито-даците. В таком же незначительном количестве только в пяти породах обнаружен свинец, причем в одном андезите и в четырех кислых лавах.

Таким образом, из упомянутых элементов только для свинца улавливается некоторая закономерность — концентрация его в более кислых дифференциатах.

Из других рассеянных элементов ванадий, медь, хром и барий встречаются во всех 24 образцах пород. При этом следует отметить относительно большое количество их, незначительное уменьшение содержания в кислых породах ванадия и отчасти меди, незначительное увеличение содержания бария в кислых породах и увеличение содержания стронция в андезито-базальтах и в кислых породах.

Галлий не обнаружен только в одной самой основной породе, а во всех остальных породах его немного.

Цирконий не обнаружен только в двух породах. В остальных породах его относительно значительное количество, но закономерной связи между кислотностью и количеством Zr не наблюдается.

Обнаружено значительное количество хрома во всех типах пород, но не во всех образцах пород (в 14 из 24), причем содержание в них колеблется между минимальными и обычными для приведенных пород количествами хрома. Несколько повышенное содержание хрома по сравнению с обычным устанавливается у андезито-базальта.

Никель обнаружен в половине исследованных пород, т. е. в 12 образцах, причем он встречается как в основных (базальтах и андезито-базальтах), так и в кислых породах. Наибольшее его количество обнаружено в андезито-базальте [22/46] (по числовым характеристикам А. Н. Заварицкого в базальте).

Кобальт обнаружен в 10 образцах пород (основных, средних и кислых), и везде его небольшое количество.

Следует отметить повышенное содержание Ni, Cr и V, установленное в образце андезито-базальта [22/46]. Вероятно, это связано с обогащением породы ферромагнезильной составной частью, т. е. моноклинным пироксеном, в состав которого эти элементы, по-видимому, и входят.

В отношении изменения количества рассеянных элементов в породах по их возрасту для Малого Семячика наблюдается довольно отчетливая картина увеличения содержания Ni, Cr, V, отчасти Zr и Ba от более древних к более молодым породам. Содержание Si и Ga почти не изменяется. Содержание Sr уменьшается. Кобальт и ничтожные следы Be обнаружены только в самой древней лаве упомянутой группы.

В группе Большого и Центрального Семячика содержание никеля с увеличением возраста уменьшается; кобальта, галлия, стронция и бериллия почти одинаковые количества; содержание хрома резко уменьшается в лаве одного из последних извержений; количество ванадия, меди и циркония то уменьшается, то увеличивается; количество бария в продуктах последних извержений увеличивается.

В породах вулканов ряда Попкова — Кулакова содержание никеля то увеличивается, то уменьшается; кобальта не изменяется; хрома, меди, циркония то последовательно увеличивается, то уменьшается, затем снова увеличивается и т. д.; ванадия в последних образцах этого ряда уменьшается; галлия почти не изменяется, стронция и бария увеличивается, за исключением породы [89], в которой содержание бария минимальное.

В отношении лав и туфолов, возрастные взаимоотношения которых неясны, трудно судить об изменениях содержания рассеянных элементов по возрастному признаку.

11. ФУМАРОЛЬНЫЕ МИНЕРАЛЫ

Возгоны и наросты. В соответствующей специальной литературе встречаются термины: «возгоны», «сублиматы», «инкрустации».

Первыми двумя терминами, как известно, называют минералы, образовавшиеся или из газообразных веществ, или путем взаимодействия газообразного вещества с твердым в трещинах в лаве, на сухих глыбах лавы, кусках шлака, лапилли и вулканическом песке, обычно при более высоких температурах: 800—200°.

Фумарольные же минералы, которые образуются при более низких температурах, обычно 200—150° и меньше, чаще всего на камешках и песчинках, лежащих на влажной почве, или на самой почве, называют инкрустациями, выпотами и выцветами. Такие минеральные образования лучше называть выпотами или наростами или возгонами-наростами, так как эти термины более соответствуют способу их образования. Кроме того, выпоты и наросты образуются не только при участии поднимающихся газообразных веществ, но и в результате взаимодействия жидких веществ — воды и образующейся серной кислоты.

Изучение возгонов-наростов сопряжено с большими трудностями, так как они в большинстве случаев представляют собой смеси различных мелкозернистых или тонковолокнистых фумарольных минералов; к тому же многие из них представляют собой водные соли, природа воды в которых еще точно не выяснена.

Конечно, если бы можно было быть уверенным в мономинеральности возгона и в его чистоте (так как многие возгоны начинают кристаллизоваться на песчинках), то вопрос изучения его не был бы так затруднителен. На практике обычно приходится прибегать к определению показателей преломления данных минералов, но на эту константу можно надеяться при изучении минералов только постоянного или стойкого состава.

В условиях же образования фумарольных минералов, являющихся следствием сольфатарной деятельности, когда образуются водные сульфаты с легко и быстро меняющимися в них количествами воды, да еще при наличии здесь же свободной серной кислоты, задача определения минерала становится довольно трудной. Можно идти по пути перекристаллизации возгонов, но это путь опять-таки ненадежный, так как могут из этого же вещества образоваться другие по структуре и даже по составу минералы.

По предварительным определениям показателей преломления семячковых возгонов-наростов, можно было сделать заключение, что главная масса их принадлежит к водным сульфатам ряда галотрихит-пиккеренгит.

Н. Н. Шавровой были произведены химические анализы нескольких возгонов-наростов, которые были собраны на вулканах Бурлящем и Центральном Семьячке в пробирки, закрыты пробками и залиты затем парафином. Результаты этих анализов приведены в табл. 38.

[illegible]

Все эти фумарольные минералы были весьма гигроскопичны, и поэтому перед химическим анализом они высушивались в эксикаторе над серной кислотой в течение 19 суток, так как практически потеря воды прекращалась после 17 суток высушивания.

Первые четыре образца подверглись более детальному исследованию, которое дало следующие результаты потерь в весе (табл. 39).

Таблица 39

Продолжи- тельность сушки, вол. суток	Потеря в весе, %			
	обр. 1	обр. 2	обр. 3	обр. 4
1	14,62	10,35	14,00	6,13
2	16,06	15,79	16,99	12,59
3	16,62	19,27	19,49	18,03
5	17,31	22,26	20,82	23,49
17	19,28	23,26	23,36	28,53
19	19,32	23,26	23,42	28,61

Последующие четыре образца без предварительного взвешивания высушивались 19 суток, и тогда только брались навески для анализов.

Как показывают эти цифровые данные, а также кривые на диаграмме (фиг. 80), построенной по этим данным, характер потери воды для всех образцов очень близок, а именно: главную часть воды они теряли в первые три дня, но в деталях все же наблюдаются довольно значительные различия. Так, образец 1 за первые сутки потерял 14,62% воды, а за последующие четверо суток — всего лишь 2,69% и далее за 14 суток еще 2,01%. Ближайший к нему по характеру потери воды образец 2 потерял за первые сутки 10,35% воды, а за последующие четверо суток — 11,9% и за остальные 14 суток — 1% воды. Образец за первые сутки потерял 14,00% воды, за последующие четверо суток — 6,82% и за остальные 14 суток — 2,60% воды. Образец 4 за первые сутки потерял меньше всего — 6,13% воды, за следующие четверо суток больше всего — 17,36% и за остальные 14 суток — 5,12%.

Такой характер потери воды при сушке над серной кислотой и, как видно по химическим анализам (табл. 38), значительное содержание воды в этих возгонах-наростах, теряющейся при нагревании до 110°, а также при более высоком нагревании, говорят о различной связи и о различном состоянии воды в этих минералах.

Образец 1. Возгон-нарос, взятый во впадинке приозерной до-

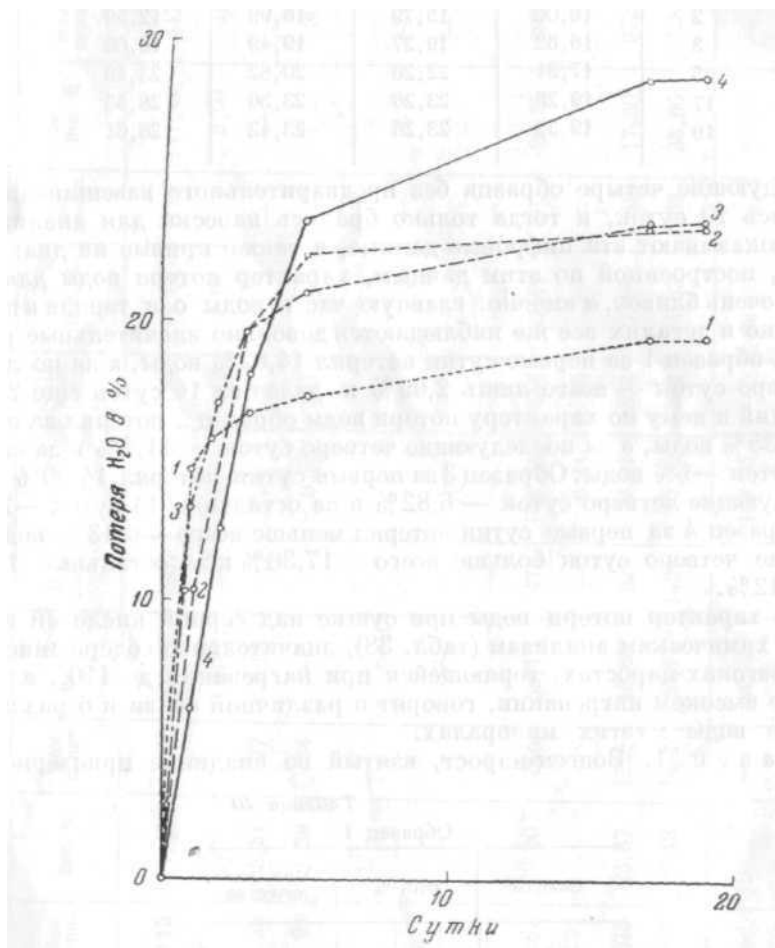
Таблица 40
Образец 1

Окислы	Вес. %	Мол. количество
Al ₂ O ₃	11,71	115
Fe ₂ O ₃	5,58	35
FeO	2,56	35
MgO	3,68	91
SO ₃	30,95	387
H ₂ O ⁺	24,72	1373
H ₂ O ⁻	19,96	1109
Сумма	99,16	—

линки вблизи Черного озера. Температура почвы в этом месте была около 90°. Эти возгоны желтого цвета представляют собой смесь волокнистых минералов, мелких зерен и несколько относительно более крупных кристаллических зерен. У волокнистого минерала $Ng' = 1,492$ и у зерен $Np' = 1,485$.

Химический анализ высушенного в течение 19 суток образца дал следующие результаты (табл. 40): Судя по химическому анализу, этот нарост представляет собой сложную смесь минералов водных алюмосульфатов, возможно пиккерингита, галотрихита, алуногена и др.

Показатели преломления нашего волокнистого пиккерингита — $Ng' = 1,492$, что несколько больше, чем обычно (по справочникам должен быть $Ng' = 1,483$). Показатель преломления нашего зернистого минерала $Np' = 1,485$; величина его близка к показателям преломления галотрихита или мелантерита.



Фиг. 80. Кривые потери воды при высушивании над серной кислотой возгонов-наростов (цифры — номера образцов в табл. 39).

Некоторое несоответствие показателей преломления наших возгонов и показателей преломления, даваемых в справочниках, видимо, можно объяснить различным содержанием в них воды, количество которой, вероятно, зависит и от разной степени высушивания данных минералов.

Образец 2. В этой же приозерной долинке вблизи Черного озера были взяты возгоны белого цвета. Температура почвы в этих долинках на глубине нескольких сантиметров колебалась в пределах 60—94°.

Этот возгон представляет собой смесь волокнистого и зернистого минералов.

В высушенной над серной кислотой пробе были определены показатели преломления волокнистого минерала $Ng' = 1,474$ и $Np' = 1,473$ и зернистого минерала $Ng' = 1,470$ и $Np' = 1,466$.

Химический анализ высушенной пробы дал следующие результаты (табл. 41).

При пересчете на нормативные минералы возгон состоит, по-видимому, из 80% смеси галотрихита с пиккерингитом и 20% алуминита. Изоморфная же смесь состоит из 70% галотрихита и 30% пиккерингита.

В данном образце показатели преломления зернистого минерала $Ng' = 1,470$ и $Np' = 1,466$ почти соответствуют показателям преломления алуминита $Ng = 1,470$ и $Np = 1,459$.

Образец 2 *Таблица 41*

Окислы	Вес. %	Мол. количество
Al_2O_3	14,18	139
Fe_2O_3	—	—
FeO	5,51	77
MgO	1,38	34
SO_3	29,30	366
H_2O^+	23,87	1326
H_2O^-	26,12	1451
Сумма	100,36	—

Что же касается показателей преломления волокнистого минерала $Ng' = 1,474$ и $Np' = 1,473$, представляющего собой, по всей вероятности, изоморфную смесь галотрихита с пиккерингитом, то они меньше, чем им предполагается быть. Надо предположить, что волокнистый минерал был не полностью высушен, поэтому оставшаяся избыточная влага повлияла на уменьшение показателей преломления.

Таблица 42
Образец 3

Окислы	Вес. %	Мол. количество
Al_2O_3	10,92	107
Fe_2O_3	4,45	28
FeO	2,98	41
SO_3	38,10	476
H_2O^+	16,68	927
H_2O^-	26,17	1454
Сумма	99,30	—

Образец 3. Возгоны взяты на дне долины вулкана Бурлящего. Температура почвы на глубине 15 см была 76°.

Взятый образец возгонов представлял собой преимущественно зерна белого цвета. Показатели преломления этих зерен равнялись $N_g' = 1,475$ и $N_p' = 1,472$.

Химический анализ высушенной пробы дал следующий состав возгона (табл. 42):

Чтобы как-то определить составные части этой смеси, Н. Н. Шавровой была сделана попытка разделить смесь возгонов на отдельные минералы с помощью различных растворителей, с предварительным получением рентгенограммы смеси возгонов и с последующими рентгенограммами оставшихся после воздействия растворителя твердых фаз. Выделяя растворителями из смеси фумарольных минералов один за другим возгоны, можно полнее и точнее определить их физическую и химическую природу.

Этот возгон был подвергнут Н. Н. Шавровой более детальному исследованию с применением рентгенограмм. Н. Н. Слуцкой был заснят ряд дебаграмм при Fe-излучении, $2R = 57,9$ мм и $d = 0,6$ мм. Результаты рентгеновского исследования приведены в табл. 43. Графа 1-я таблицы показывает образец № 3 возгонов в естественном виде; 2-я — образец, промытый 20 мл спирта в течение 3 часов; 3-я — образец, промытый сначала 20 мл спирта в течение трех суток и затем промытый еще 50 мл, т. е. всего 70 мл спирта; 4-я — образец, промытый глицерином.

От прибавления глицерина раствор окрасился в желтый цвет. Очевидно, часть возгона растворилась. Глицерин прибавлялся четыре раза, причем возгон растирался платиновым шпателем и сильно взмучивался, а затем раствор отстаивался. В первый раз в жидкости была взвесь, а в последующие два раза жидкость была прозрачная, но еще слегка желтоватого цвета. При последнем, четвертом прибавлении глицерина цвет ее не изменился.

Необходимо отметить, что пока нигде не определены кристаллические структуры многоводных сульфатов, поэтому нельзя еще в минеральных смесях выделить отдельные кристаллические структуры. Можно сделать только некоторые общие замечания.

При сравнении первой дебаграммы со второй, т. е. дебаграммы естественных минералов с дебаграммой нерастворившейся в течение трех часов в 20 мл спирта части возгона, видно, что изменения произошли незначительные.

При сравнении дебаграммы 3 второго нерастворившегося остатка, полученного после промывания в течение трех суток, в 70 мл спирта, с предыдущей дебаграммой 2, первого нерастворившегося остатка почти никаких изменений в дебаграмме 3, второго остатка, не произошло до последней линии 1,465.

Ниже все линии, которые наблюдаются в первом остатке от значения 1,451 до 1,200, во втором остатке исчезли.

Не растворившийся в глицерине остаток возгона, возможно, представляет собой один мономинерал, а растворившееся в глицерине вещество является другим мономинералом. Однако полной уверенности в этом пока еще нет, так как исходя из химического анализа как будто должно было бы присутствовать всего три минерала, а по оптическим свойствам — только один минерал. Необходимо учитывать еще одно затруднение: что глицерин мог не только растворять возгоны, но, быть может, и входить в соединение с веществом возгонов и таким путем образовывать новые соединения. Сравнить эти дебаграммы с эталонными рентгенограммами пока нельзя, так как в нашем распоряжении последних еще нет.

1			2			3			4		
№ линии	I	d	№ линии	I	d	№ линии	I	d	№ линии	I	d
1	9 дв.	4,81	1	9	4,98	1	8	4,96	1	10	4,36
2	10 дв.	4,31	2	10	4,40	2	10 дв.	4,38			
3	7	4,13	3	5	4,10						
4	7	3,94	4	4	3,95	3	7	3,95	2	7	3,93
5	9	3,50	5	1	3,72	4	4	3,75	3	7	3,62
6	4	3,33	6	8	3,52	5	7	3,50			
7	8	3,02	7	7	3,34	6	4	3,33	4	7 дв.	3,33
8	4 шпр.	{ 2,90	8	9	3,02	7	9	3,02	5	8	2,97
		{ 2,68	9	5 шпр.	{ 2,88	8	{ 2	2,88	6	2	2,76
9	4	2,60		1	{ 2,70		{ 1	2,70			
10	4	2,56	10	3 шпр.	{ 2,62	9	{ 1	2,65	7	3	2,62
11	3	2,49		5	{ 2,49		{ 1	2,59			
12	3	2,44	11	1	2,38		1	2,48	8	8	2,48
13	1	2,39	12	6	2,29	10	1	2,38	9	4	2,44
14	6	2,28	13	1	2,21	11	6	2,27	10	1	2,33
15	4	2,01	14	1 шпр.	{ 2,10	12	1	2,20	11	3	2,25
16	2	1,964		4	{ 2,02	13	1 шпр.	{ 2,10	12	1	2,17
17	9	1,872	15	2	1,961		5	{ 2,02	13	4	2,02
18	5	1,835	16	9	1,886		1	1,970	14	4	1,970
19	5	1,778	17	6	1,832				15	4	1,914
20	1	1,716	18	5	1,770	14	8	1,880	16	5 дв.	1 877
21	5	1,673	19	1	1,714	15	7	1,835			1,825
22	2 шпр.	{ 1,651	20	7	1,677	16	5	1,775	17	3	1,780
		{ 1,572	21	2 шпр.	{ 1,643	17	1	1,714	18	3	1,672
23	2	1,514			{ 1,578	18	6	1,675	19	1	1,614
24	1	1,465	22	4	1,522	19	2 шпр.	{ 1,643			
25	1	1,376	23	1	1,471			{ 1,576	20	1	1,579
26	3	1,340	24	1	1,451	20	2	1,525	21	1	1,538
27	1	1,319	25	4	1,383	21	1	1,465	22	1	1,520
28	1 дв.	1,247	26	3	1,342				23	1	1,468
29	1	1,228	27	3	1,317				24	2	1,425
30	1 дв.	1,200	28	1	1,295						
31	1	1,180	29	1	1,260						
32	1	1,137	30	2	1,250						
33	1	1,119	31	2	1,229						
34	1	1,099	32	2	1,200						
35	1	1,087									

Приведенные дебаеграммы являются лишь материалом для сравнений при дальнейшем рентгеноскопическом изучении водных сульфатов.

Образец 4. Возгон представлял собой весьма гигроскопическое вещество лимонно-коричневого цвета.

Под микроскопом явно различаются зерна лимонно-желтого цвета. Показатель преломления этих мелких зерен:

невысушенных { Ng' от 1,461 до 1,459
 { Np' от 1,440 до 1,442
 высушенных { Ng' 1,460
 { Np' 1,440

Химический анализ высушенной пробы дал следующие результаты (табл. 44):

Таблица 44

Образец 4

Оксиды	Вес. %	Мол. количество
Al_2O_3	8,54	84
Fe_2O_3	1,95	12
MgO	9,98	247
SO_3	36,54	456
Cl_2	6,41	90
H_2O^+	27,97	1553
H_2O^-	10,66	592
Сумма	102,05	—
$O = Cl_2$	1,78	—
	100,27	—

Судя по показателям преломления, преобладающую массу зернистого вещества составляет, по-видимому, эпсомит (хотя обычно он должен быть волокнистым). Кроме него, находятся и другие минералы, как то: пиккерингит и соединения с хлором, и в частности молизит.

В отношении последнего можно предполагать, судя по гигроскопичности образца возгонов и его (лимошю-желтой или лимонно-коричневой) окраске, что молизит находится в составе этой смеси возгонов, но благодаря своей гигроскопичности и вообще крайней неустойчивости он растворился и окрасил другие минералы этой смеси.

Этот лимонно-желтый возгон образца 4 был подвергнут рентгеновскому изучению. Его дебаеграмма была снята после 20-дневной сушки возгона на воздухе до постоянного веса. Кроме того, этот возгон, взятый из пробирки влажным, был обработан 25 мл глицерина, который сразу же окрасился. После того как нерастворившаяся часть возгона осела, глицерин был слит, а на место его была налита новая порция глицерина, который также окрасился. Через сутки на дне стаканчика оказалось очень мало нерастворившегося остатка. Глицерин был снова смыт и снова промыта треть его порции. На этот раз глицерин только слабо окрасился.

Нерастворившийся остаток представлял собой плотное желтое вещество и белое рыхлое вещество. Они были под бинокулярной лупой отделены друг от друга. Затем были сняты дебаеграммы обоих этих веществ — плотного и рыхлого. Обе дебаеграммы оказались совершенно одинаковыми, вследствие чего приводятся здесь данные только для плотного желтого остатка (табл. 45).

Судя по дебаеграммам, нерастворившийся остаток является или смесью разных кристаллических фаз, составляющих возгон, или веществом, вновь образовавшимся за счет реакции между глицерином и веществом возгона.

Образец 5. Возгон взят со дна вулкана Бурлящего. Температура была на поверхности дна $+14^\circ$, на глубине 1 см $+24^\circ$, на глубине 15 см $+76^\circ$, в рядом расположенном грязевом котле $+80^\circ$.

Под микроскопом различаются двоякопреломляющие волокна и таблички, растворимые в воде. Кроме того, редко наблюдались изотропный нерастворимый в воде минерал и очень малые кристаллики гипса.

Тимонно-желтый возгон, обр. 4			Нерастворившийся плотный желтый остаток		
№ линии	I	d	№ линии	I	d
1 ^a	10	4,21	1	5	5,49
1	4	3,94	2	6	4,87
2	8	3,64	3	10	{4,65
3	5	3,14			{4,41
4	4	2,95	4	6	4,04
5	7	2,88	5	2	3,62
6	6	2,73	6	2	3,48
7	6	2,65	7	3	3,20
8	1 дв.	2,47	8	10	{3,01
9	1 дв.	2,34			{2,92
10	4	2,18	9	4	2,81
11	4 дв.	2,10	10	4	2,70
12	2	2,04	11	5	2,54
13	2	1,961	12	7	{2,33
14	5	1,891			{2,29
15	1	1,827	13	2	2,22
16	1	1,797	14	1	2,15
17	3	1,700	15	4	2,08
18	5	1,618	16	5	2,02
19	2	1,576	17	2	1,958
20	1	1,401	18	7	1,877
21	1	1,362	19	2 шир.	1,830
22	1	1,328	20	3 пол.	1,775
23	1	1,243	21	2	1,712
24	1	1,135	22	3	1,633
25	1	1,121	23	2 шир.	1,558
			24	1 пол.	1,519
			25	2	1,465
			26	2	1,435
			27	2	1,410
			28	2	1,359
			29	2	1,332
			30	1	1,296
			31	2	1,258
			32	1	1,241
			33	1	1,223
			34	2	1,193
			35	1	1,184
			36	2	1,165

Показатели преломления волокнистого и таблитчатого минерала следующие: $Ng' = 1,472$ и $Np' = 1,464$.

Игольчатый минерал, которого было очень мало и показатель преломления которого было весьма трудно определить, имел N от 1,484 до 1,487 (?).

Химический анализ этого образца дал следующие результаты (табл. 46).

Таблица 46

Образец 5

Оксиды	Вес. %	Мол. количество
Al_2O_3	11,64	114
Fe_2O_3	1,64	10
FeO	0,00	—
MgO	1,40	35
SO_3	32,41	405
H_2O^+	27,88	1549
H_2O^-	24,63	1368
Сумма	99,60	—

Судя по химическому анализу, возгон состоит преимущественно из алуногена.

Этот возгон был обработан глицерином, затем глицерин слит и второй раз налит глицерин. Глицерин в обоих случаях был слегка желтый. После этого еще два раза наливался глицерин. Сначала глицерин был белый. После трехдневного стояния раствор слегка пожелтел и нерастворивающегося остатка было мало. Через семь суток от начала растворения

Таблица 47

Образец 5 (возгон)			Белая основная масса			Желтые включения		
№	I	d	№	I	d	№	I	d
1	5	7,22	1	5	4,85	1	5	4,85
2	8	4,91	2	10	4,35	2	10	4,33
3	10	4,30	3	6	3,95	3	4	3,94
4	6 дв.	{ 4,11 3,97	4	5 шир.	{ 3,74 3,35		{ 7 шир. 4	{ 3,67 3,24
5	5	3,74	5	7	3,04	4	7	3,24
6	3	3,52	6	3	2,87	5	{ 8 шир. 3	{ 3,05 2,72
7	2	3,38	7	7	2,48	6	2	2,60
8	7	3,03	8	1	2,27	7	7	2,47
9	3	2,89	9	1	2,19			
10	2	2,63	10	{ 1 шир. 3	{ 2,10 2,02	8	2 шир.	{ 2,38 2,26
11	6	2,51		1	1,970	9	1 шир.	{ 2,06 1,934
12	3	2,29	11	7	1,883			
13	4	2,03	12	6	1,832	10	5	1,877
14	7	1,883	13	3	1,780	11	4	1,827
15	5	1,843	14	4	1,673	12	1	1,773
16	3	1,785	15	3 шир.	{ 1,631 1,578	13	3	1,714
17	5	1,696				14	4	1,669
18	2 шир.	{ 1,649 1,587				15	3	1,625
19	1	1,347				16	1	1,581
20	1	1,232						

глицерин стал совсем желтый. Нерастворившийся остаток состоял из белой основной массы и желтых включений. Они были разделены под бинокулярной лупой и с каждого из них были сняты дебаграммы (табл. 47).

Судя по данным рентгенограмм, белая основная масса очень близка по структуре и, по-видимому, по составу желтым включениям.

Эти исследования фумарольных минералов с применением рентгенограмм не закончены по не зависящим от нас обстоятельствам. Они являются только попыткой более точного определения минералов, представляющих собой механическую смесь, трудно делимую на составные части.

Таблица 48

Образец 6

Оксиды	Вес. %	Мол. количество
Al_2O_3	11,44	112
Fe_2O_3	5,00	31
MgO	1,21	30
SO_3	28,75	393
H_2O^+	17,50	972
H_2O^-	35,60	1978
Сумма	99,50	—

Надо полагать, что эти работы вскоре продолжатся, и будем надеяться, что будут получены более определенные результаты.

Химически проанализированы были еще три возгона 6-го, 7-го и 8-го образцов (табл. 48—50).

Таблица 49

Образец 7

Оксиды	Вес. %	Мол. количество
Al_2O_3	11,08	109
Fe_2O_3	1,48	9
FeO	0,00	—
MgO	4,86	120
SO_3	35,16	439
H_2O^+	16,51	917
H_2O^-	30,51	1694
Сумма	99,60	—

Таблица 50

Образец 8

Оксиды	Вес. %	Мол. количество
Al_2O_3	12,77	125
Fe_2O_3	2,07	13
FeO	3,15	43
MgO	1,42	35
SO_3	32,30	404
H_2O^+	15,58	865
H_2O^-	33,00	1833
Сумма	100,29	—

Этот анализ возгона образца 7 представляет собой анализ почти чистого пиккерингита, несколько загрязненного окисью железа.

Были определены показатели преломления составляющих этот возгон минералов: $Ng' = 1,484$ и $Np' = 1,478$, что соответствует показателям преломления пиккерингита, а для другого минерала $Ng' = 1,472$ и $Np' = 1,464$, что соответствует, по-видимому, алуногену.

Минерал белого цвета со стекляннным блеском, взятый в северной fumarole в кратере Троицкого вулкана Малый Семячик, при микроскопическом исследовании оказался изотропным, имеющим $N = 1,427 \pm 0,003$.

Для выяснения его природы была снята дебаеграмма, данные которой приведены в табл. 51.

Таблица 51

№ линий	<i>I</i>	<i>d</i>	№ линий	<i>I</i>	<i>d</i>
1	10	4,01	10	2	1,780
2	1	3,72	11	2дв.	1,688
3	4	3,45	12	3	1,614
4	7	3,04	13	1	1,528
5	7	2,83	14	1	1,487
6	2	2,68	15	3	1,433
7	7	2,48	16	3	1,366
8	3 шир.	2,06	17	1	1,305
9	4 »	1,851			

По показателю преломления возгон-нарос близок к опалу, но по рентгенограмме не близок ни к тридимиту, ни к кристобалиту, в которые мог бы хотя бы частично раскристаллизоваться опал. Ближе всего по показателю преломления этот нарос соответствует ральстониту, химический состав которого $\text{Na} \cdot \text{Mg} \cdot \text{Al}_4 \cdot \text{F}(\text{OH})_{15} \cdot 2\text{H}_2\text{O}$.

Кроме упоминавшихся фумарольных минералов, обнаружены во многих местах гипс и опал. Так, около северо-восточной fumarole в кратере Малого Семячика, около Черного озера и в других местах был обнаружен гипс от еле заметных зерен до крупных (до 3—4 мм в длину) кристаллов моноклинной сингонии.

Показатели преломления у всех этих кристаллов были $Ng' = 1,529$ и $Np' = 1,520$. С одного из гипсов была снята рентгенограмма (табл. 52).

Еще более распространены кристаллы серы, которые местами образуют крупные скопления. Сера образуется, вероятно, скорее всего в результате окисления сероводорода или, может быть, в результате реакции между H_2S и SO_2 . Относительно роли серобактерий в этом процессе у нас нет никаких данных. Была также снята рентгенограмма серы (табл. 52).

Среди возгонов-наросов особенно часто, как будет видно в дальнейшем, встречается опал. Кроме того, у fumarol Малого Семячика, а также у Черного озера часто встречается возгон волокнистый и табличками, на вкус кислый, слегка вязущий, растворяющийся в воде, с $Ng' = 1,468$ и $Np' = 1,461$ — по-видимому, алуминит. Иногда встречается карбонат, разлагающийся в HCl с шипением, имеющий $Ng' = 1,660$ и $Np' = 1,487$ (кальцит). Встречаются также и другие минералы, природа которых осталась невыясненной.

Так, около Черного озера были обнаружены минералы лимонно-желтого цвета, с показателем преломления, у одного $Nm = 1,624$, а у другого $Nm = 1,596 \pm 0,002$. На кусочке лавы Малого Семячика было небольшое тонкое пятнышко темно-зеленого цвета. Показатель преломления этого темно-зеленого минерала $N = 1,499 \pm 0,003$.

Таким образом, возгоны-наросы представляют собой преимущественно йодные магнезиально- или железисто-алюминиевые сульфаты, образовавшиеся в достаточно кислой среде. Вероятно, сероводород, поднимаясь из

Сер а				Г и п с			
№ линий	I	d	d серы по Hanawa	№ линий	I	d	d гипса по Hanawalt
1	10	3,84	3,85	1	7	7,56	7,7
2	6	3,43	3,45	2	3	4,71	3 (3)
2a	1	3,33		3	10	4,28	4,29
3	6	3,21	3,21	4	2	3,78	3,81
4	1	3,10	3,10	5	2	3,38	3 (6)
5	4	2,85	2,85	6	10	3,05	3,06
6	3	2,63	2,63	7	9	2,87	2,87
7	1	2,48	2,50	8	9	2,69	2,68
8	2	2,43	2,43	9	6	2,48	2,48
8a	1	2,38	2,38	10	7	2,22	2,22
9	2	2,29	2,30	11	10	2,09	2,07
10	6	2,10	2,12	12	1дв.	1,964	3 (14)
11	1	1,973		13	8	1,883	1,88
12	6	1,905	1,90	14	8дв.	1,783	1,79
13	4	1,820	1,83	15	1	1,665	1,66
14	7	1,783	1,78	16	4	1,620	1,62
14a	2	1,759		17	1	1,588	1,58
15	6	1,729	1,73	18	3	1,440	1,435
16	6	1,705		19	3	1,370	1,360
17	3	1,647	1,66	20	3	1,325	1,325
18	4 шир.	1,609		21	2	1,278	1,270
19		1,585	1,61	22	3 шир.	1,234	1,240
20		1,564		23		1,202	1,200
21	3	1,540	1,54	24	1	1,175	
22	5	1,440	1,440	25	1	1,158	
23	1	1,422	1,425	26	4	1,137	1,138
24	6	1,397		27	2	1,086	1,083
25	1	1,357	1,360				
26	1	1,30	1,310				
27	1	1,283					
28	1	1,233	1,235				
29	1	1,208					
30	1	1,170					
		1,152					

глубины, в приповерхностной зоне окислялся с образовыванием серной кислоты, которая, взаимодействуя с породами, разлагала их, соединяясь с окисью магния или окислами железа, образовывала выше упомянутые возгоны-наросты. Во многих случаях серная кислота сохранялась — оставалась неиспользованной в свободном состоянии. Галоидные соединения в возгонах играли незначительную роль.

12. МЕТАСОМАТИЧЕСКИ ИЗМЕНЕННЫЕ ВУЛКАНИЧЕСКИЕ ПОРОДЫ

В описываемой местности, особенно в районе группы вулканов Большого Семячика, главным образом в некоторых кратерах или в прикратерных участках, наблюдаются светлоокрашенные (белые или кремовые с различными оттенками) породы, отчетливо выделяющиеся на фоне темноокрашенных базальтов, андезито-базальтов и андезитов, слагающих главную массу вулканических тел этого района.

Такие светлоокрашенные породы наблюдаются как на потухших вулканах, например на Большом Семячике и на Западном Бараньем, так и на действующих вулканах, находящихся в сольфатарной стадии деятельности, Бурлящем (фиг. 81) и Центральном Семячике (фиг. 82).

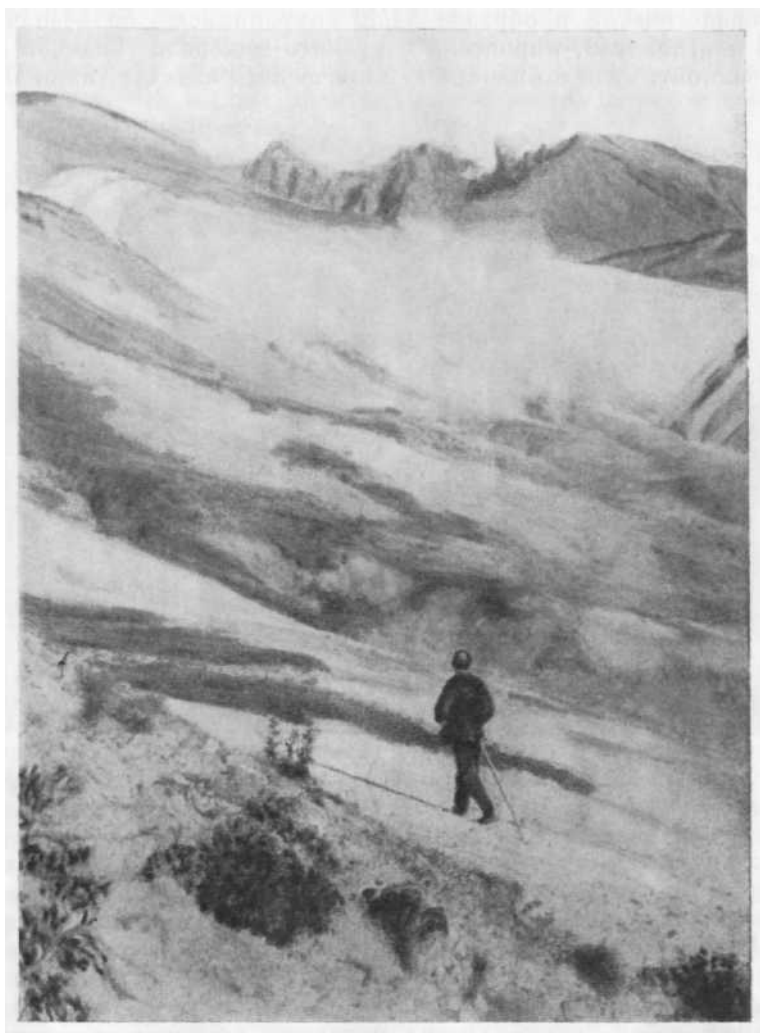
Эти светлоокрашенные породы являются вторичными, образовавшимися в результате сольфатарного и гидротермального воздействия на первичные вулканические породы — базальты, андезито-базальты и другие.

Таблица 53

Оксиды	Бурлящий		Бурлящий		Центральный Семячик	
	Обр. 55/46		Обр. 54/46		Обр. 60/46	
	вес. %	мол. количество	вес. %	мол. количество	вес. %	мол. количество
SiO ₂	53,32	888	66,95	1114	83,00	1383
TiO ₂	0,91	11	1,11	14	1,24	15
Al ₂ O ₃	17,69	174	14,41	141	2,01	20
Fe ₂ O ₃	4,54	28	4,89	30	5,69	36
FeO	6,00	83	0,54	7	0,24	3
MnO	0,18	3	—	—	—	—
MgO	4,66	115	0,20	5	—	—
CaO	7,85	140	0,73	13	—	—
Na ₂ O	2,05	33	—	—	—	—
K ₂ O	0,47	5	—	—	0,17	2
H ₂ O ⁺	0,89	48	8,47	470	4,36	242
H ₂ O ⁻	0,77	42	2,44	135	1,08	60
SO ₃	0,22	3	0,27	3	2,26	28
P ₂ O ₅	0,13	1	—	—	—	—
Сумма	99,68	—	100,01	—	100,05	—

Процесс изменения этих вулканических пород будет более наглядным, если рассмотрим три образца: неизмененную породу, значительно измененную породу и совсем измененную породу (табл. 53).

Необходимо отметить, что значительно измененные породы в кратерах вулканов Бурлящего и Центрального Семячика внешне отличались от первичных неизмененных пород окраской и плотностью, по структура



Фиг. 81. Измененные породы в котловине вулкана Бурлящего.
Фото Е. В. Ястребова.

оставалась такой же, во многих случаях порфировой, какой была у первоначальной породы. По плотности же многие из них соответствуют глине.

Неизменная порода — базальт [55/46] состоит из основной массы вкрапленников плагиоклаза № 80 и значительного количества гиперстена. В основной ее массе содержатся мелкие кристаллы основного плагиоклаза, пироксена и зерна магнетита.

Процесс изменения базальта (судя по образцу 54/46, взятому из скалы на внутреннем склоне вулкана Бурлящего, находившемся в нескольких

метрах от прямого современного сольфатарного и гидротермального воздействия) химически выразился в полном выносе щелочей и окиси марганца, в значительном удалении окисей кальция и магния, закиси железа и отчасти глинозема и в увеличении содержания кремнезема и воды.

Следует отметить, что в этой породе спектрографически была обнаружена, кроме элементов, приведенных в химическом анализе, в незначительном количестве только медь.

Минералогически в образце 54/46 сохранились еще незначительные остатки плагиоклаза, пироксена и рудного минерала. Главная же масса породы состоит, судя по пересчету химического анализа, из опала (около



Фиг. 82. Измененные породы в северном кратере Центрального Семячика.
Фото Е. В. Ястребова.

50%), глинистого минерала тина галлуазита или ферригаллуазита (около 33 %) и небольшого количества плагиоклаза, пироксена и рудного минерала.

Дальнейшую и можно сказать почти конечную стадию изменения вулканической породы представляет собой образец 60/46, взятый из небольшой россыпи, расположенной на глинистой, богатой кристаллами гипса гряде, спускающейся к центральному понижению дна кратера. Этот образец представляет собой белую, слегка пористую породу с редкими включениями кристаллов серы.

Судя по этому образцу, процесс дальнейшего изменения породы выразился главным образом в значительном обогащении ее кремнеземом (кристаллы серы можно не принимать во внимание, как привнесенный новый минерал, образовавшийся в порох породы и совсем не связанный с веществом первичной породы), в большом уменьшении содержания глинозема и воды и в полном выносе (по сравнению с предыдущим образцом) окисей магния и кальция.

Интересно также отметить, что в этом образце спектроскопически не были обнаружены (не считая элементов, определенных химическим анализом) никакие другие элементы. Таким образом, чем дальше шел процесс

замещения вулканической породы, тем более очищалась она от всех рассеянных в ней элементов.

Минералогически, по пересчету химического анализа, эта порода состоит из кремнеземистого минерала и небольшого количества глинистого минерала, рудного (по-видимому, ильменита) минерала и серы.

Определение показателя преломления кремнеземистого изотропного под микроскопом минерала дало $N = 1,450$, что соответствует показателю преломления опала. Однако, судя по анализу, в нем относительно мало воды, вследствие чего он был подвергнут рентгеновскому изучению. Дебаеграмма дала небольшое количество очень слабых, но четких линий, указывающих, что в этом практически некристаллическом веществе находится и кристаллическая фаза.

Таблица 54

Образец 60/46			Тридимит	
№ линии	I	d	I	d
1	10	4,28	Очень яркая	4,28
2	10	3,85	Яркая	4,08
3	9	3,50	»	3,79
4	5	3,08	Средняя	3,23
5	1	2,34	»	2,95
6	1	2,21	Яркая	2,46
7	2	1,888	Средняя	2,28
8	1	1,703	Слабая	
9	1	1,667	Широкая	1,681
10	2	1,483	Средняя	1,440

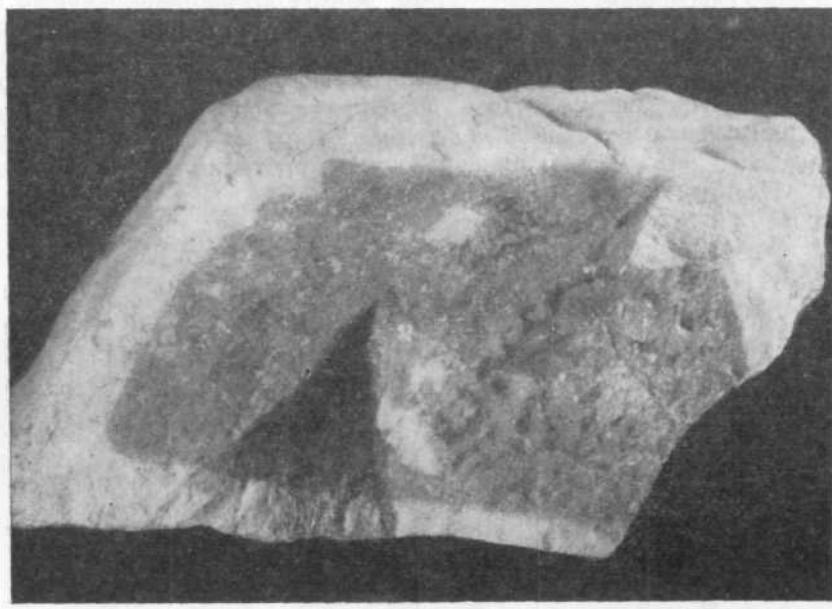
При сравнении дебаеграммы, полученной для семячинского опала с дебаеграммой, характеризующей тридимит (табл. 54), можно кристаллическую фазу в опале считать тридимитом, но так как показатель преломления этого вещества соответствует опалу и дебаеграмма говорит, что вещество практически некристаллично, то, вероятно, только незначительная часть опала раскристаллизовалась в тридимит.

Таким образом, в опале, образовавшемся в результате сольфатарного и гидротермального воздействия, образуется тридимит, в то время как в опале, образовавшемся в коре выветривания (Гинзбург и Рукавишникова, 1951), образуется β -кristобалит.

Минералогически и химически изменяются и отдельные сравнительно небольшие куски лавы, лежавшие в местах воздействия сольфатарных газов на глинистом дне кратера. Внешне эти куски измененной лавы размером около 10 см в поперечнике [87] представляют собой в середине голубую или фиолетовую глинистую породу, иногда с зернами серы и с сохранившейся от первоначальной породы порфировой структурой, окаймленную со всех сторон белой коркой толщиной до 2 см (фиг. 83)? причем эта корка в местах соприкосновения с подстилающей породой более тонкая по сравнению с частями лавы, не соприкасавшимися с другими породами.

Произведенные неполные химические анализы показали (табл. 55)? что голубая порода, образующая сердцевину образца, содержащая кремнезема около 55%, полуторных окислов около 22% и серного ангидри-

да около 19% (или без серы: около 68% кремнезема и около 27% полуторных окислов), превратилась по периферии в белую массу, содержащую кремнезема около 85% и полуторных окислов около 7%.



Фиг. 83. Базальт, измененный в глинистую породу (обр. 87).

Пересчет химического анализа белой корки показывает, что она состоит из следующих нормативных минералов: 78,7% опала и 13,4%

Таблица 55

Окислы	Голубая порода [87]		Белая корка [87]	
	вес. %	мол. количество	вес. %	мол. количество
SiO ₂	55,23	920	85,53	1425
TiO ₂	21,92	—	0,72	9
Al ₂ O ₃			5,57	56
Fe ₂ O ₃			1,26	8
FeO	—	—	—	—
MnO	—	—	—	—
MgO	—	—	—	—
CaO	0,30	5	0,68	12
BaO	—	—	—	—
Na ₂ O	—	—	—	—
K ₂ O	—	—	—	—
H ₂ O ⁺	2,00	111	2,56	142
H ₂ O ⁻	1,94	108	3,43	190
SO ₃	18,82	235	0,68	—
С у м м а	100,21	—	100,43	—

глинистого минерала, кроме того, из небольшого количества плагиоклаза, рудного минерала и серы.

Таким образом, в белой корке значительно преобладает опал, в то время как в голубой породе из сердцевины образца содержится в значительном количестве глинистый минерал.

Определения показателей преломления дали следующие результаты: для преобладающего в белой корке грязно-серого под микроскопом минерала $N = 1,460$, что характерно для опала, светло-желтый минерал в виде мелких обломков кристалликов и зерен имеет N в пределах от 1,529 до 1,546, что указывает, по-видимому, на глинистый минерал. Последний, судя по отсутствию в химических анализах магния и по показателям преломления, относится к галлузиту или ферригаллузиту. Редко встречающиеся полупрозрачные светло-серые комочки с $N = 1,495$, минералогически не определены. Рудного минерала в корочке очень мало.

В голубом ядре образца содержится светло-желтый рыхлый материал с $N = 1,510$ до 1,546, по-видимому, представляющий собой также галлузит или ферригаллузит, затем светло-серая масса с $N = 1,495$, минералогически не определенная, и значительное количество рудного минерала.

Таким образом, процесс изменения пород шел химически в постепенном выносе всех элементов и окислов и в замещении их кремнеземом и водой, а минералогически — в постепенном замещении плагиоклаза и пироксена сначала глинистым минералом и опалом, а дальше преимущественно опалом, за счет выноса составных частей глинистого минерала.

Следует также отметить состав сметаноподобной массы, о которой уже упоминалось раньше при описании «серных котлов».

Под влиянием сольфатарного и гидротермального воздействия изменение вулканических пород проходит так далеко, что из твердой породы образуется сметано подобная текучая масса (обр. 104 из «серных котлов»).

Химический анализ этой, уже воздушно-сухой, массы, представлявшей собой сыпучку (мелкий песок) кремового цвета, выявил следующий ее состав (табл. 56).

Таблица 56

Окислы	Вес, %	мол. количество
SiO_2	88,47	1474
TiO_2	1,62	20
Al_2O_3	3,94	38
Fe_2O_3	—	—
FeO	—	—
MnO	—	—
MgO	—	—
CaO	0,44	8
BaO	—	—
Na_2O	—	—
K_2O	—	—
H_2O^+	3,15	175
H_2O^-	1,23	68
SO_3	1,36	17
Сумма	100,21	—

Судя по пересчету химического анализа и по показателю преломлений ($N = 1,460$), около 84% этой массы преобладающего минерала состоит из опала.

Кроме того, наблюдается опал с $N = 1,441$ и в незначительном количестве прозрачный, точнее не определенный минерал с $N = 1,502$.

Следует при этом еще раз отметить (см. выше «серные котлы», что при опализации этой породы окись железа мигрировала вверх и образовала на кремового цвета опаловом хребтике большой буро-желтый ковер, состоящий, по-видимому, из гидратных минералов окиси железа.

Как упоминалось, в кратерах вулканов Бурлящего, Центрального Семячика и Малого Семячика выделяются, временами весьма интенсивно, пары воды, сероводород, углекислый газ и метан. Временами в некоторых из них выделяются сернистый газ и галоидные (хлорные) соединения. Часть сернистых соединений окисляется, и образуется свободная серная кислота.

Температура газовых струй у выхода на поверхность доходит до 150° (у вулкана Бурлящий), а воды — почти до 100° .

На повышение температуры окружающих пород оказывают прямое воздействие не только горячие газовые струи, но и серная кислота, которая, растворяясь или разбавляясь в зоне грунтовых вод, также выделяет тепло.

Под влиянием упомянутых реагентов, а также кислорода воздуха и горячей воды в окислительной среде происходит интенсивный метасоматический процесс, выражающийся сначала в аргиллизации, а затем в окремнении — опализации пород, слагающих упомянутые вулканические образования.

Как показали полевые наблюдения, породы, находящиеся в районе постоянного в настоящее время воздействия упомянутых газов и горячей воды, превращаются в мягкую глинистую массу, местами обогащенную кристаллами гипса и серы, но сохраняющую порфиновую структуру и отчасти окраску первоначальной неизменной породы.

Эти породы обычно (но не всегда) расположены в нижних частях кратеров, выше же (например, в кратере вулкана Бурлящего), вне постоянного в настоящее время воздействия горячей воды, они, сохраняя также порфиновую структуру, превратились в белую или чаще кремового цвета плотную опаловую породу.

Кроме плотного метасоматического опала, слагающего отдельные скалы, наблюдается еще пористый опал. Последний слагает отдельные небольшие глыбы и куски, расположенные на глинистой массе. Этот опал, по всей вероятности, образовался в результате отложений горячих источников или гейзеров, а может быть является возгоном-наросом, возникшим при участии газовой фазы.

На основании полевых наблюдений создается впечатление, что газогидротермальное воздействие с участием серной кислоты в поясе грунтовых вод, т. е., по-видимому, при слабой концентрации кислоты, приводит в начальной стадии к выходу и замещению всех соединений, кроме глинозема и кремнезема, которые с водой образуют глинистые минералы и отчасти опал, а выделившаяся известь, вступая в реакцию с серной кислотой, образует гипс. Таким образом, наиболее стойкими компонентами в этих условиях являются окиси алюминия и кремния.

Далее, в породах, расположенных в местах или относительно безводных (в настоящее время гипсометрически повышенных), или в лучше обогреваемых и обогащаемых кислородом воздуха (кремовые корки и другие подобные явления), но в обоих случаях в зонах, по-видимому, с повышенной концентрацией кислоты, исчезает и глинозем и остается только окись кремния, которая с водой образует опал.

Изменение химического и минералогического составов описанных пород происходило в самих кратерах и на их внутренних склонах в местах мощного, можно сказать, массового пропаривания почвы — массового сольфатарного воздействия.

Несколько иначе шло замещение и образование новых минералов в местах выхода отдельных сольфатарных струй, как, например, на втором южном лавовом потоке Малого Семейчика вне побочного конуса, но на не-далеком от него расстоянии (порядка 150—200 м от подошвы этого конуса).

Базальт [22/46], состоящий из серийных вкрапленников основного плагиоклаза, микролитов плагиоклаза, зерен моноклинного пироксена, редких зерен магнетита и рудной пыли в стекле, под влиянием сольфатарных струй превращается в породу, состоящую из алунита (около 32%), кварца (около 28%) и глинистого минерала (около 17%).

Химически, как показывают анализы (табл. 57), этот процесс выражается в значительном выносе SiO_2 , окислов железа и окиси натрия, в почти полном уносе CaO , в совершенно полном выносе MgO и в привносе Al_2O_3 , K_2O , H_2O и SO_3 .

Таблица 57

Окислы	Базальт, обр. 22/46, %	Измененная порода, обр. 6/46, %	Разница в содержании окислов
SiO_2	53,86	36,21	—17,65
TiO_2	1,14	0,77	—0,37
Al_2O_3	13,99	25,42	+11,43
Fe_2O_3	4,88	2,12	—2,76
FeO	6,35	0,69	—5,66
MnO	0,35	Сл.	—0,35
MgO	6,70	—	—6,70
CaO	5,96	0,12	—5,84
Na_2O	2,78	1,16	—1,62
K_2O	1,62	3,07	+1,45
H_2O^+	1,15	9,53	+8,38
H_2O^-	0,25	1,99	+1,74
SO_3	—	18,58	+18,58
Сумма	99,03	99,66	—

Таким образом, наблюдаются два различных процесса. Первый, о котором речь была раньше, заключается на первой стадии в аргиллитизации, а второй — в опалитизации, т. е. химически в выносе всех, кроме кремнезема, соединений и в частичном привносе кремнезема и воды.

Второй процесс состоит в полном выносе MgO , в частичном выносе остальных окислов, кроме Al_2O_3 , K_2O и H_2O , в некотором привносе трех последних окислов и в полном привносе SO_3 .

В результате взаимодействия сплошных масс или обломков основных пород (базальтовых и андезитово-базальтовых лав) с сольфатарными газами, содержащими в настоящее время пар, горячую воду, серную кислоту, SO_2 , CO_2 , CH_4 и иногда H_2S произошли метасоматические изменения у поверхности земли, в условиях сильного воздействия кислорода, при температуре от 150 до 60—50°. Эти изменения шли в следующих направлениях.

В районе кратеров в местах массового сольфатарного и гидротермального воздействия (пропаривания пород):

а) Изменение лав, преимущественно в зоне грунтовых вод в глинистое вещество (аргиллитизация) и в опал (опализация), обогащенных часто гипсом.

б) Изменение почти всего вещества в опал (опализация).

Б. Преимущественно вне кратеров — в районе воздействия отдельных сольфатарных струй с образованием алуниита наряду с глинистыми и кремнеземистыми минералами.

При воздействии упомянутых реагентов на первоначально основные породы из них выносятся сначала все компоненты, за исключением Al_2O_3 и SiO_2 , а затем выносятся и Al_2O_3 и остается только SiO_2 .

Таким образом, при поверхностном и приповерхностном сольфатермальном воздействии, в условиях более высокой концентрации кислорода, метасоматический процесс весьма интенсивен, в результате чего в конце концов становятся подвижными все компоненты, даже глинозем, а наиболее стойким, вполне инертным, по Д. С. Коржинскому, остается только кремнезем.

История же других компонентов следующая: CaO , соединяясь с H_2SO_4 , образует гипс, а MgO и FeO , взаимодействуя с Al_2O_3 и H_2SO_4 , образуют возгоны-наросты группы галотрихита — пиккерингита и алуногена, которые вскоре растворяются в воде и уносятся.

Дей и Аллен (Day and Allen, 1925) выяснили на примере Лассен-пика, что образующаяся в теплой земле, за счет окисления H_2S и S_2 , серная кислота различно действует на разные типы пород. Так, кислые риолиты более устойчивы, а стекло менее кислых, чем риолит, пород, на пример дацитов, изменяется легко.

Далее, в зависимости от различной концентрации серной кислоты, разложение и изменение пород идет различными путями. При малой концентрации кислоты образуются каолин и минералы, не содержащие алюминиевого сульфата, а при большой концентрации — кремнеземистый минерал и минералы, в которых алюминий играет главную роль, но каолин не образуется.

В Семячинском районе видна только верхняя зона изменения пород — зона соприкосновения и взаимопроникновения сольфатарных газов с атмосферной влагой и кислородом, создающими окислительную среду.

Судя по многочисленным выделениям сероводорода и выносу в Черном озере черных пленок сульфидного соединения (гидротроилита или мельниковита), можно полагать, что на некоторой глубине, во всяком случае в районе Черного озера, находится восстановительная среда.

Как мы видели, в Семячинском районе в местах гидросольфатермального воздействия наблюдается аргиллитизация и опализация — предпоследняя стадия окремнения.

Как идет процесс изменения основных вулканических пород в глубину, пока еще нет данных.

Можно только привести сведения об изменении вулканических, однако кислых пород в Новой Зеландии, полученные при бурении пород, подвергавшихся гидротермальному воздействию.

Разведочные скважины для получения горячего пара и перегретой воды для геотермоэлектрических станций вскрыли интересную картину последовательного зонального изменения пород с глубиной, о котором можно судить по образующимся в этих зонах характерным минералам. Самая верхняя зона, которую С. Стейнер (Steiner, 1953) называет зоной сернокислого выщелачивания, имеет глубину от 42 до 152 м.

А. Стейнер (1953, 1955) выделяет следующие зоны:

В 1953 г.	В 1955 г.
1. Сернокислого выщелачивания	1. Монтмориллонитовую
2. Аргиллитизации	2. Птилолитовую
3. Цеолитизации	3. Известкового цеолита
4. Фельдшпатизации	4. Альбитизации
	5. Адуляризации
	6. Гидрослюдяную

В работе 1955 г. А. Стейнер ничего не пишет о зоне сернокислого выщелачивания. В приведенном же в этой работе разрезе верхняя граница монтмориллонитовой зоны проведена на глубинах от 42 до 152 м. Следовательно, выше этой линии, надо полагать, находятся частично зона аргиллитизации и вся зона сернокислого выщелачивания. Самая верхняя зона сложена аллювиальными наносами, покрывающими осадочные породы (глины, илы), переслаивающиеся с кислыми стеклянными туфами и туфогенными пемзовыми песчаниками.

В зоне сернокислого выщелачивания на глубине первых 35 м находится главным образом каолинит и очень мало опала, а из первичных минералов сохранились только вкрапленники кварца и небольшие зерна лейкоксена, образовавшегося из титаномагнетита.

На глубине от 3,5 до 6 м породы только частично каолинизированы. Опал наблюдался до глубины 6 м. Стекло же не изменяется до глубины 21 м. Плаггиоклаз изменен, а неизменный плаггиоклаз появляется глубже 24,5 м. На глубине 10 м впервые появился алунит и встречался до глубины только 15 м.

По данным работы А. Стейнера 1953 г., ниже 24,5 м появляются монтмориллонитоподобная глина и пирит, а в его же работе 1955 г. верхняя граница монтмориллонитового изменения в разных скважинах определяется на глубинах от 42 до 152 м.

Таким образом: 1) в зоне сернокислого выщелачивания на небольших глубинах образуются каолинит, опал и алунит; ниже лежат: 2) зона монтмориллонитового изменения (верхняя граница которого проходит на глубине 42—152 м); 3) зона птилолитового (известковонатриевого цеолита) изменения (верхняя граница которой проходит на глубине 90—152 м); 4) зона известкового цеолита, наблюдающаяся только в средней части разреза (верхняя граница которой расположена на глубине 183—305 м); 5) зона альбитизации, которая проявляется местами на глубине 92—208 м и 260—427 м; 6) зона адуляризации на двух участках наблюдается на глубинах соответственно 198—215 м и 372—474 м; 7) и, наконец, зона гидрослюдяного изменения в средней части разреза проявляется на глубинах 536—724 м.

При этом в зоне монтмориллонитового изменения температура колебалась от 20 до 164°, в зоне цеолитного изменения—от 60° до 164°, т.е. почти в тех же пределах и в зоне адуляризации — от 198 до 213°. При этом полной и одинаковой последовательности в каждой скважине не наблюдается.

Пропуски в нахождении тех или иных минералов той или иной зоны, а также колебания в степени изменения зависят от многих факторов, обуславливающих образование гидротермальных минералов. Такими факторами А. Стейнер считает температуру, давление, химическую среду, концентрацию растворов, пористость горных пород и продолжительность времени, в течение которого растворы действовали на породы. Различные сочетания этих факторов приводят к образованию разных продуктов (минералов) гидротермального изменения.

Температурные условия в зонах изменения таковы, что температура

постепенно с глубиной повышается и достигает наиболее высоких значений в зоне гидрослюдяного изменения.

Что же касается химического воздействия реагентов на породы, то А. Стейнер (1955) дает следующую схему вероятных химических реакций между растворами и породами.

В самой глубокой гидрослюдяной зоне на породы риолитового состава воздействуют нейтральные (под вопросом) растворы с избытком калия и образуется гидрослюда, причем уходит натрий и некоторое количество извести.

В следующей полевошпатовой зоне воздействуют щелочные растворы также еще с избытком калия. Их взаимодействие с породами приводит к образованию адюляра с одновременным выносом натрия и некоторого количества извести. Затем благодаря воздействию щелочных растворов с избытком натрия образуется альбит и выделяется много извести.

Выше, в цеолитной зоне, под влиянием щелочных растворов с избытком извести сначала образуется известковый цеолит и выделяется натрий, а затем из тех же растворов с избытком извести и натрия образуется птилолит.

И, наконец, в монтмориллонитовой зоне под воздействием щелочных растворов с избытком магния образуется монтмориллонитовая глина.

Такова картина изменений ново-зеландских кислых пород и хода химических реакций, близких по обстановке, среде и характеру изменений породам Семячинского района.

Возвращаясь к семячинским измененным породам, следует выяснить то условия и причины, в результате которых в одном случае породы заместились ГЛИНИСТЫМ минералом и опалом, а затем произошло почти полное замещение их опалом, а в другом случае наряду с возникновением глинистого минерала и кварца образовался и алунит.

В первом случае некоторые выносимые из пород компоненты, как CaO , MgO , FeO и Al_2O_3 , связывались с серной кислотой и образовывали гипс и растворимые в воде минералы группы пиккерингит-галотрихита и алуногена, а остальные компоненты, в том числе и щелочи, уносились. Во втором случае связывались щелочи и глинозем с серной кислотой и образовывался нерастворимый в воде минерал алунит.

Образование таких различных минералов, по-видимому, объясняется тем обстоятельством, что серная кислота различно действует на металлы в зависимости от ее концентрации, так как при действии разведенной серной кислоты на металлы окислителем является ион водорода, а при действии концентрированной серной кислоты окисление производится шестизарядными ионами серы.

При этом, как известно, следует учитывать, что ион водорода может окислять только более активные металлы, стоящие в ряду активности перед водородом, а перед ним (т. е. перед водородом) из интересующих нас металлов стоят в порядке активности K , Na , Ca , Mg , Al и Fe . В этом ряду, как известно, наиболее активными являются щелочные металлы (они бурно реагируют с водой с выделением водорода), за ними идут щелочно-земельные металлы (они, в частности Ca , тоже выделяют водород из воды, но реакция при этом происходит более спокойно). Магний же очень медленно разлагает воду при обыкновенной температуре, а железо взаимодействует только с перегретым паром.

При действии разбавленной серной кислоты, надо полагать, в особых быстро меняющихся температурных условиях (от высокотемпературных к низкотемпературным) взаимодействуют крайние члены ряда активности и образуют в данном случае изоморфный минерал калиево-натриевый алунит.

При действии же концентрированной серной кислоты при нагревании окисляются почти все металлы и образуются другие сульфаты.

13. ГОРЯЧИЕ ИСТОЧНИКИ

По литературным данным было известно, что в районе вулкана Большой Семячик находятся две группы горячих источников: Нижнесемячинские ключи, расположенные вблизи океана, и Верхнесемячинские ключи, расположенные на западном склоне.

Первые достаточно подробно были описаны Б. И. Пийпом (1937), вторые впервые посещены и кратко описаны С. Крашенинниковым (1755) и затем, больше чем через 200 лет, посещены Т. И. Устиновой (1947) и В. В. Ивановым (1954, 1955).

Во время наших полевых работ в 1946 и 1947 гг. также были сделаны некоторые наблюдения со сбором материалов, главным образом по Верхнесемячинским ключам. Оказалось, что их не менее четырех групп. Одни горячие источники расположены в южной части южного кратера собственно Центрального Семячика вблизи ручья Кислого, другие находятся в северной части Северного кратера (Черное озеро, приозерные долинки и расщелина в лаве), третьи приурочены к кратеру вулкана Бурлящего и четвертые источники находятся на равном дне межгорной котловины, по которой протекает один из западных ручьев верховьев р. Старый Семячик.

С. Крашенинников (1755) отметил только группу ключей района Черного озера, а Т. И. Устинова (1947) кратко описала (без анализа вод) эту группу, которую она называет западной, и другую в районе кратера Бурлящего, которую она называет восточной группой. Эти исследователи не касались химизма Верхнесемячинских горячих источников и вообще очень кратко их описали. В работах В. В. Иванова, написанных на основании его полевых исследований, произведенных в 1950 и 1951 гг., дана более полная, но обобщенная, главным образом химическая и генетическая характеристика горячих источников вулкана Бурлящего (по Устиновой — восточная группа). В. В. Иванов (1955) вполне правильно причислил их по генезису к фумарольным горячим источникам. Эти источники он относит к сернисто-углекисло-метановому типу вод, формирующихся в окислительной среде. Воды этого типа обладают рН меньше 6,5. Обычно по химическому составу они сульфатно-аммонийные, реже железисто-алюминиевые. Они характеризуются повышенной минерализацией до 7,5 г/л, температурой от 50 до 100° и газовым составом CO_2 , H_2S и CH_4 .

Эти горячие воды являются смесью, образующейся из растворившихся фумарольных паров и газов (подымающихся из глубин, часто под значительным давлением) в поверхностных и грунтовых водах.

Часть компонентов в воде, вероятно, захвачена или вымыта из пород, сквозь которые подымались газы и воды. В отношении же генезиса водяного пара и газового состава можно сказать только, что какая-то часть их пул панического происхождения.

Верхнесемячинские горячие источники, как уже упоминалось, состоят минимум из четырех групп. Опишем их в порядке, указанном выше.

Горячие источники ручья Кислого. Эти источники расположены на левом берегу р. Кислой в 100 м ниже впадения ручья, текущего из южного кратера Центрального Семячика. Вода вытекает из-под скал и каменных осыпей и пятью струйками стекает в Кислый ручей. Вода в последнем на значительном расстоянии даже при впадении в Первый ручей на вкус еще достаточно кислая. Реакция на лакмусовую бумажку вод в струях была явно кислой.

Самая западная струя наиболее обильная, однако дебит ее небольшой — около 1 л/сек. Температура воды этой струи 44°, средних струй 40° и восточной струи — 32°.

Состав воды этого источника, по анализу С. С. Крапивиной, которая анализировала и все остальные пробы воды, напечатанные в этой работе, приведен в табл. 58.

Таблица 58

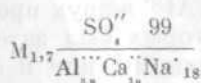
	Граммов в литре	Мг-экв.	Экв., %
Катионы			
H ⁺	0,0003	0,30	1,67
Na ⁺	0,0062	0,27	1,52
K ⁺	0,0028	0,07	0,38
Mg ⁺⁺	0,0313	2,58	14,38
Ca ⁺⁺	0,1392	6,96	38,79
Fe ⁺⁺	0,0012	0,04	0,21
Fe ⁺⁺⁺	—	—	—
Al ⁺⁺⁺	0,0693	7,71	42,99
Ti ⁺⁺⁺	0,0001	—	—
Mn ⁺⁺	0,0006	0,01	0,06
Cu ⁺⁺	—	—	—
Сумма	0,2510	17,94	100,00
Анионы			
SO ₄ [']	0,8573	17,85	99,44
Cl [']	0,0014	0,04	0,30
Br [']	—	—	—
I [']	—	—	—
F [']	0,00095	0,05	0,26
H ₂ PO ₄ [']	0,00005	—	—
NO ₂ [']	—	—	—
NO ₃ [']	—	—	—
Сумма	0,8597	17,94	100,00
Недиссоциированные молекулы			
H ₂ SiO ₃ . . .	0,2632	$M_{1,5} \frac{SO_4^{''} 99}{Al^{+++} Ca^{++}}$	
HBO ₂	0,0539		
H ₃ AsO ₃	Следы		
H ₂ S (общ.) . . .	122,46		
Сухой остаток при 180° . .	1,4230	H ₂ SiO ₃	263 мг
pH	3,5	HBO ₂	54 »
T°	44°	H ₂ S	122,4 »

Таблица 59

Проба 1				Проба 2			
	граммов в литре	мг-экв.	экв., %		граммов в литре	мг-экв.	экв., %
Катионы				Катионы			
H ⁺	0,0005	0,50	2,32	H ⁺	0,0005	0,50	2,34
Na ⁺	0,0902	3,92	18,19	Na ⁺	0,1087	4,73	22,09
K ⁺	0,0034	0,08	0,37	K ⁺			
Mg ⁺⁺	0,0250	2,05	9,51	Mg ⁺⁺	0,0230	1,89	8,70
Ca ⁺⁺	0,0817	4,08	18,94	Ca ⁺⁺	0,0819	4,09	19,36
Fe ⁺⁺	0,0012	0,04	0,18	Fe ⁺⁺	0,1954	7,01	32,45
Fe ⁺⁺⁺	—	—	—				
Al ⁺⁺⁺	0,0974	10,83	50,31	Al ⁺⁺⁺	0,0291	3,24	15,06
Ti ⁺⁺⁺	0,0004	0,02	0,09				
Mn ⁺⁺	0,0008	0,02	0,09				
Cu ⁺⁺	0,00003	—	—				
Сумма	0,3006	21,54	100,00	Сумма	0,4386	21,46	100,00
Анионы				Анионы			
SO ₄ ^{''}	1,0320	21,48	99,73	SO ₄ ^{''}	1,0300	21,44	99,61
Cl [']	0,0007	0,02	0,09	Cl [']	0,0007	0,02	0,39
Br [']	—	—	—				
I [']	—	—	—				
F [']	0,0008	0,04	0,18				
H ₂ PO ₄ [']	0,00006	—	—				
NO ₂ [']	—	—	—				
NO ₃ [']	—	—	—				
Сумма	1,0335	21,54	100,00	Сумма	1,0307	21,46	100,00

Недиссоциированные молекулы

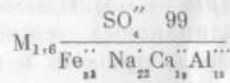
H ₂ SiO ₃	0,3479
HBO ₂	0,0571
H ₃ AsO ₃	Следы
H ₂ S (общ.)	0,0346
Сухой остаток при 180°	1,7420
pH	3,3
T°	94°



H ₂ SiO ₃	348 мг
HBO ₂	57 »
H ₂ S	34,6 »

Недиссоциированные молекулы

H ₂ SiO ₃	0,3513
Сухой остаток при 180°	1,7380
pH	3,3
T°	94°



H ₂ SiO ₃	351 мг
---	--------

Сравнительно низкую температуру горячих источников близ ручья Кислого, по-видимому, можно объяснить тем обстоятельством, что вода, вытекающая из-под глыб вулканической туфобрекчии тонкими маломощными струйками, соприкасаясь на некотором пространстве с воздухом, успевала значительно остыть.

Горячие воды Черного озера. О горячих ключах Черного озера писал еще С. Крашенинников (1786, стр. 184—185): «...ключаях, которые текут в реку Шемячик с левой стороны по течению... в глубоком буераке, окруженном высокими и во многих местах дымящимися горами. Самой буерак от спуска вниз на полторы версты расстоянием наполнен бесчисленным множеством кипящих ключей, которые напоследок в одну речку соединяются.

Особливо достойны примечания два великия жерла, из которых одно пяти, а другое 3 сажень в диаметре, а глубиною первое на полторы, а другое на одну сажень: ибо в них кипит вода белым ключем как в превеликих котлах с таким шумом, что не токмо разговоров между собою, но почти и крику не можно слышать. Пар идет из них толь густой, что в 7 саженьях человека не видно. Чего ради и кипение ключей оных токмо припадши к земле рассмотреть можно. Между сими пропастьми сажетш с три расстояния, которое все как зыбучее болото колеблется, так что опасаться ходящим должно, чтоб не провалиться.

Сии ключи в том от всех других отменны, что по поверхности их плавают черная китайским чернилам подобная материя, которая с великим трудом от рук отмывается. Впрочем находится там и свойственная всем горячим ключам разноцветная глина, також известь, квасцы и горячая сера.

Во всех вышеописанных ключах вода густа, и протухлыми яйцами пахнет».

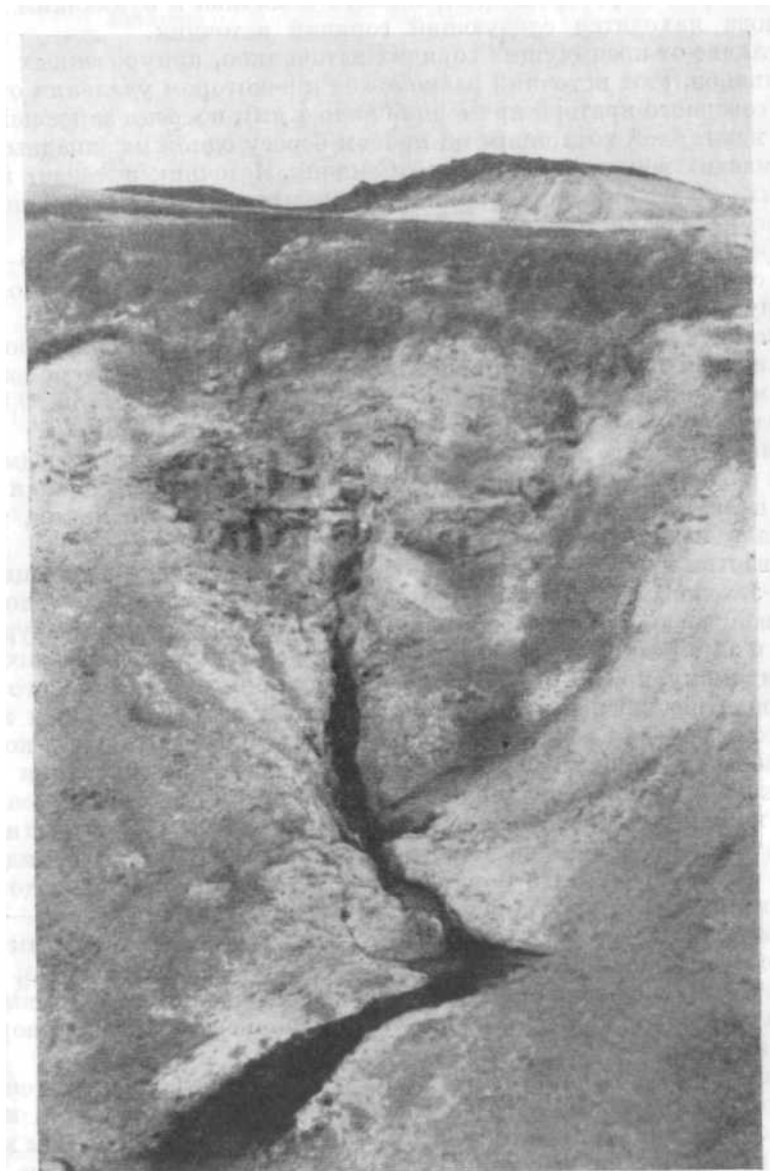
В настоящее время это не два озера, а одно, как об этом упоминалось выше, и состояние его более спокойное, чем это было 220 лет тому назад. Сейчас это типичное лагони — озерко, периодически, с неравномерными промежутками времени, выбрасывающее снопообразные струи грязной воды. Температура воды в лагони, замеренная в 1946 г. в северо-восточной части вблизи вытекающего из него ручья, 88°, а замеренная в 1947 г. в северо-восточной части, 80°, в северной же части лагони 94°. С. С. Крапивиной были сделаны анализы воды из Черного озера из двух проб, причем из второй пробы предварительно был эвакуирован сероводород. На дне бутылок как первой, так и второй пробы был большой глинистый осадок. Результаты анализов воды приведены в табл. 59.

Необходимо отметить, что обе пробы воды из Черного озера были взяты одновременно из одного и того же места в озере.

Разница же в составе воды этих проб, как видно из анализов, заметная. Во второй пробе нет H_2S , что и понятно, так как он был искусственно эвакуирован. Резко расходятся в обеих пробах значения алюминия и закисного железа: в первой пробе Fe^{2+} 0,04 мг-экв, а во второй — 7,01 мг-экв, Al в первой пробе 10,83 мг-экв., а во второй — 3,24 мг-экв. Остальные компоненты дали близкие результаты, и реакция воды в обеих пробах кислая ($pH = 3,3$). Изменения в содержании Fe^{2+} и Al в двух пробах, взятых в одинаковых условиях, но в одной из которых был затем удален сероводород, привели в последней пробе, по-видимому, или к обменной реакции между катионами воды и катионами железистых соединений и глинистого осадка, или, вероятнее всего, к осаждению части Al из раствора в глинистый осадок, и соответственно, к переходу Fe^{2+} из железистых соединений в раствор.

Этот факт изменения состава воды под влиянием удаления из нее сероводорода весьма интересен и должен быть учтен при изучении миграции элементов.

Из этих анализов также вытекает, что вода Черного озера имеет состав, соответствующий анализу первой пробы.



Фиг. 84. Перегретый источник, вытекающий на трещины в лаве. Фото Е. Ураткова.

Пегретый источник. На правом берегу ручья при выходе его из приозерной котловинки (вблизи Черного озера) в долину верховьев р. Старый Семячик из трещины скалы вытекает горячий источник (фиг. 84). Температура воды в нем 100°, но она не кипела, хотя тем-

пература кипения ее при атмосферном давлении, принимая во внимание, что источник расположен на высоте около 900 м, должна была быть ниже 100°. Вода в источнике прозрачная, чистая, с едва уловимым запахом сероводорода. На вкус слегка кисловатая. Дебит небольшой — 0,12 л/сек.

Горячий источник межгорной котловины. Между северным кратером Центрального Семячика и вулканами Иванова и Попкова находится следующий горячий источник.

В отличие от предыдущих горячих источников, приуроченных к кратерам вулканов, этот источник расположен в некотором удалении от вулканов (от северного кратера примерно около 1 км), посреди заросшей травой ровной межгорной котловины на правом берегу одной из западных речек, составляющих верховья р. Старый Семячик. Источник вытекает из аллювиальных отложений, в то время как предыдущие источники выходили из метасоматически измененных вулканических образований.

Грифон этого источника представляет неглубокую (всего 15—20 см) выемку около 1 м в поперечнике, соединяющуюся рукавом длиной около 1 м с ручьем.

В выемке в четырех местах периодически поднимаются пузырьки газов. Самая сильная подача воды происходит через канальчик, расположенный в юго-восточной части грифона (выемки); дебит ее небольшой, 0,8 л/сек. Температура воды у поверхности 60°, а на глубине 15 см 62°.

Состав воды этого источника значительно отличается от предыдущих. Реакция воды уже не кислая, как в прежних, а слабо щелочная ($pH = 7,7$), появляются аммоний и гидрокарбонат, но нет алюминия, титана, марганца и меди, очень мало H_2S (табл. 60).

При взятии пробы вода была почти бесцветная, слегка опалесцировала молочно-зеленоватым цветом. При выпаривании в полевых условиях в фарфоровой чашке при нагревании до 70° вода начала принимать буроватую окраску и затем стали выпадать из нее хлопья светло-коричневого цвета.

По-видимому, при 70° происходил процесс окисления закисного железа в окисное и началось выпадение последнего в виде геля окиси железа. После его осаждения вода снова стала почти бесцветной. Затем, когда 1 л этой воды был выпарен до объема 300 см³, т.е. когда концентрация растворенных компонентов значительно увеличилась, начали появляться на поверхности воды белые, прозрачные, неправильной формы небольшие пластиночки, очень похожие на пластинки борной кислоты. По-видимому, какая-то соль, может быть борная кислота, дошла в растворе до своего насыщения и начала кристаллизоваться первой. Она держалась — плавала у поверхности, вероятно потому, что эта соль обладала малым удельным весом и имела пластинчатую форму, а также вследствие того, что на поверхности происходило более интенсивное испарение воды, в силу чего здесь получалась относительно большая концентрация растворенных элементов.

Эти сведения, полученные в полевых условиях мимоходом и неполные, приведены здесь лишь для того, чтобы обратить внимание лиц, изучающих термальные источники, и особенно лиц, изучающих процессы минералообразования, на то, что при исследовании подобных объектов нельзя ограничиваться только выяснением химического состава вод горячих источников, а наряду с полными химическими анализами воды и свободно выделяющихся газов необходимо еще производить фракционный, желательнее более полный химико-минералогический анализ. Такой анализ, с химическим, и, если возможно, оптическим определением выпадающих из раствора соединений и минералов, поможет выяснить поведение растворенных в воде компонентов и последовательность выделения в ней тех или иных соединений и минералов.

Таблица 60

Катионы	Граммов в литре	Мг-экв.	Экв., %
Катионы			
H ⁺	0,0003	—	—
Na ⁺	0,0620	2,70	15,91
K ⁺	0,0032	0,09	0,50
Mg ⁺⁺	0,0497	4,08	23,92
Ca ⁺⁺	0,2001	10,00	58,57
Fe ⁺⁺	0,0055	0,20	1,10
Fe ⁺⁺⁺	—	—	—
Al ⁺⁺⁺	—	—	—
Ti ⁺⁺⁺	—	—	—
Mn ⁺⁺	—	—	—
Cu ⁺⁺	—	—	—
Сумма	0,3208	17,07	100,00
Анионы			
HCO ₃ '	0,0440	0,72	4,21
SO ₄ '	0,7711	16,05	94,02
Cl'	0,0106	0,30	1,77
Br'	—	—	—
J'	—	—	—
H ₂ PO ₄ '	0,00003	—	—
NO ₂ '	—	—	—
NO ₃ '	—	—	—
Сумма	0,8257	17,07	100,00
Недиссоциированные молекулы			
H ₂ SiO ₃	0,3720	M _{1,59}	SO ₄ ' 94
HBO ₂	0,0408		Ca ₃₈ Mg ₂₄ Na ₁₆
H ₃ AsO ₃	0,0015	H ₂ SiO ₃	372 мг
H ₂ S (общ.)	0,0016	HBO ₂	41 »
Сухой остаток при 180°	1,499	H ₃ AsO ₃	1,5 »
pH	7,7		
T°	60°		

Как показывают химические анализы воды трех горячих источников и вычисленные формулы химического состава,

$$\left(M_{1,5} \frac{SO_{499}'}{Al_{43}Ca_{39}}; M_{1,7} \frac{SO_{499}'}{Al_{50}Ca_{19}Na_{18}}; M_{1,59} \frac{SO_{499}'}{Ca_{58}Mg_{24}Na_{16}} \right)$$

а также степень минерализации, воды этих источников по анионному составу очень близки. Все они преимущественно сульфатные с некоторым содержанием галоидов (Cl' и только в первых двух α'), а в последнем источнике еще и гидрокарбонатов.

По катионам они несколько различаются, но воды первых двух источников также очень близки—это алюминиево-кальциевые сульфатные воды, но все-таки воды второго источника отличаются большим содержанием натрия и меньшим Mg^{2+} по сравнению с водами первого источника. Первые два источника близки также и по кислотности ($pH = 3,5$ и $3,3$).

Последний горячий источник значительно отличается по катионному составу от предыдущих: в нем нет Al^{3+} , главную роль играет Ca^{2+} , а затем Mg^{2+} и Na^{+} . Значительно отличается и по величине $pH = 7,7$.

Следует также отметить значительное содержание не диссоциированных молекул метакремневой (от 263 до 378 мг) и метаборной (от 41 до 57 мг) кислот, совершенно незначительное содержание (по сути говоря, следы) мышьяковистой кислоты, значительное колебание в содержании общего сероводорода от 1,6 мг в слабо щелочной воде до 122,4 мг в кислой воде.

Первые два источника, приуроченные к кратерам собственно Центрального Семячика, явно связаны с приповерхностным сольфатарным процессом и формировались в окислительной среде, в то время как последний источник, не приуроченный к кратеру, но находящийся примерно в 1 км от него, по-видимому, является ответвлением от главного канала, отошедшим от него в более глубоких зонах и протекавшим по другой геологической среде, вследствие чего он имеет несколько иной по сравнению с первыми двумя состав.



14. НЕКОТОРЫЕ ЗАМЕЧАНИЯ О СВЯЗИ СЕМЯЧИНСКИХ ВУЛКАНОВ С ТЕКТОНИЧЕСКИМ СТРОЕНИЕМ РАЙОНА

В геолого-структурном отношении юго-восточную половину, или, как чаще называют, восточную часть центральной Камчатки можно рассматривать как геосинклинальную структуру с элементами, переходными в складчатый пояс.

В этой части Камчатки вулканы приурочены главным образом к грабенообразной впадине (Ключевская группа вулканов, Шивелуч и другие) и к платообразной ступени (вулканы, расположенные от района оз. Кроноцкого до р. Жупановой, в число которых входят и Семячинские вулканы); небольшое количество вулканов расположено в самих хребтах — Восточно-Камчатском и в южной части Срединного.

Точнее, вулканы Семячинского и прилегающих к нему с юго-запада и северо-востока районов расположены на платообразной ступени между складчато-глыбовым Восточно-Камчатским хребтом, находящимся к северо-западу, и Камчатско-Курильской впадиной, имеющей максимальную глубину в этом месте 7920 м (Удинцов, 1955). Они приурочены преимущественно к относительно узкой полосе, простирающейся вдоль линии перехода платообразной ступени в склон к океану. Весьма вероятно, что эта полоса перехода соответствует линии взброса или сброса и что главным образом с этой линией разломов связаны каналы вулканов Семячинского района.

В связи с таким расположением упомянутых вулканов в общей структуре центральной части Камчатки следует поставить вопрос: отличалась ли или отличается ли вулканическая деятельность в местах наибольшего ее развития, т. е. на платообразной ступени, от вулканической деятельности в грабенообразной впадине, и если она отличалась, то чем было вызвано это различие?

Платообразная ступень — дол представляет собой основание Семячинских вулканов, сложенное лавовыми пластами, образовавшимися в результате, по всей вероятности, трещинных извержений, происходивших в начале четвертичного периода или, может быть (что является еще неясным), в несколько более раннее время.

Четвертичный период ознаменовался достаточно широким развитием дацитовых, риолито-дацитовых и риолитовых горных пород, а также образованием наряду с основными вулканами ряда кислых конусообразных и куполообразных вулканов (Белянкина, Академии наук, Карымский, Сухой, Кулакова, частично Попкова, купол юго-западнее Кихпинича и др.).

Примерно в то же время произошел ряд катастрофических событий, приведших к образованию кальдер: оз. Карымского, Карымской, Малого

Семячика, Большого Семячика, впадины р. Гейзерной, Крашенинникова, Узон.

Вулканы образовались как в докальдерный (вулкан Академии наук, Стена и др.), так и в послекальдерный период (Карымский, Малый Семячик и др.); как кислые (вышеупомянутые) вулканы, так и основные (Малый Семячик и др.); как в доледниково (Большой Семячик), так и в послеледниково время (купола Центрального Семячика, вулкан Карымский и др.).

Центральный Семячик с группой куполов относится к такому же типу, как вулканы Швелуч и Гамчен на Камчатке и многочисленные представители в других странах: Мефана, Санторин и другие. Но характерной особенностью Центрального Семячика является закономерное расположение его куполов преимущественно по ряду линий, параллельных главному тектоническому направлению Камчатки, т. е. северо-восточному. У других подобных вулканов расположение куполов приурочено к другим направлениям, и у многих из них купола располагаются по круговым линиям, связанным, по-видимому, с образованием кальдер по круговым трещинам.

Но главной отличительной особенностью вулканической деятельности Семячинского и прилегающих к нему с юго-запада и северо-востока районов, ярко выделяющихся по сравнению с другими районами Камчатки, является возникновение значительного количества больших кальдер и относительно широкое развитие кислых по составу (от дацитов до риолитов) вулканических образований (вулканов, лавовых и туфолавовых потоков и пирокластических отложений) и среди них достаточно широкое развитие туфолав.

Переходя к рассмотрению связи вулканизма с тектоникой, необходимо отметить, что при этом нужно четко различать связь вулканизма вообще с тектоникой, которая не вызывает сомнения (хотя бы потому, что все вулканы Семячинского района приурочены к линиям главного тектонического направления Камчатки), и связь характера вулканической деятельности, состава и эволюции магмы с тектоникой. На последнем необходимо остановиться несколько подробнее.

Начнем с вопроса связи химического состава лав Семячинского района с тектоникой и с геологическим возрастом. Как известно, ныне действующие вулканы Карымский и Малый Семячик, расположенные на одной платообразной ступени на расстоянии 16 км один от другого, изливают: первый — дацитовые лавы, а второй — базальтовые (фиг. 85).

Таким образом, два вулкана, расположенные близко друг к другу и находящиеся в одинаковых возрастных геолого-тектонических и вулканотектонических условиях (оба находятся в кальдерах), извергают лавы различного состава. Отсюда вывод один: состав лав этих вулканов не зависит ни от тектоники, ни от геологического возраста.

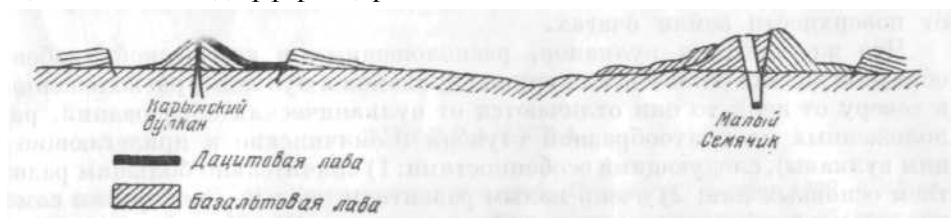
По всей вероятности, тектонические силы помогают внедрению магмы в недра земной коры и, может быть, даже ее образованию, но дальнейшие изменения состава магмы, по всей вероятности, от тектоники не зависят.

Магматическая жизнь у одних вулканов простая, а у других сложная. Так, у вулкана Кулакова она началась и кончилась излияниями только дацитовой лавы. Последовательность же изменения состава лав у других вулканов более разнообразная, например, у Центрального Семячика — от базальта к андезито-дациту, затем к андезиту и, наконец, к андезито-базальту или у Двора совместно с Карымским вулканом — от андезито-базальта, затем к андезиту и снова к андезито-базальту, потом к базальту и еще раз к андезито-базальту и далее к андезито-дациту и дациту.

Эти примеры отчетливо показывают различную магматическую историю у разных вулканов, зависящую, по-видимому, от длительности су-

шествования магматического очага, от эволюции магмы и от того, на какой стадии дифференциации происходят извержения.

Определенным стадиям эволюции магмы отвечает соответствующий состав магмы. Магма Малого Семячика и магма Карымского вулкана находятся на разных стадиях эволюции. Дифференциация в последнем зашла значительно дальше (до дацитового состава), чем в первом очаге, еще очень мало дифференцированном.



Фиг. 85. Разрез от Карымского до Малого Семячика.

Можно высказать предположение, что петрографическое разнообразие состава лав, обусловливаемое процессами дифференциации магмы, зависит, помимо ряда других причин, и от глубины залегания магматического очага.

Возможно, что магма, залегающая в более глубоких очагах, при прочих равных условиях, дифференцируется медленнее, чем залегающая ближе к поверхности земли.

Так, в глубоко залегающих очагах вулканов Ключевского и Этна лавы преимущественно основные и не отличаются разнообразием. Состав их мало изменяется: у первого — от базальта до андезито-базальта, а у второго древние лавы андезитовые, а современные базальтовые.

У вулканов, питающихся из неглубоко залегающих очагов, как, например, у Везувия, состав лав более разнообразен и изменяется от трахита до лейцитового базальта и везувита.

Таким образом, возможно, что магматический очаг под вулканами Двором и Карымским находится значительно ближе к земной поверхности, а магматический очаг Малого Семячика — значительно глубже первого.

В глубоко залегающих очагах дифференциация магмы должна происходить значительно медленнее, чем в очагах, залегающих ближе к поверхности земли, уже по одной той причине, что давление там большое и температурные условия в окружающей очаг среде приближаются к таковым в самом очаге.

При так называемом среднем геотермическом градиенте в 1° на 33 м на глубине 60 км (глубина очагов Этны и Ключевского вулкана) температура должна быть (без поправок) 1800° , а с учетом факторов, влияющих на изменение температуры с глубиной, — около 1400° (Гутенберг, 1949); на глубине же 6 км (глубина очага Везувия) должна быть всего 180° . Лавы же при излиянии из кратера как у Везувия, так и у Этны и Ключевского вулкана (т. е. у вулканов с неглубоким и глубоким очагами) имеют температуру около $1100—1200^\circ$.

Давление на глубине 80 км — около 16 000 бар, а на глубине 6 км — около 1880 бар (Магницкий, 1953; Грейтон, 1949).

Естественно, что в магматических очагах, расположенных на разных глубинах, давление и температура в окружающих их средах различные и процессы дифференциации магмы в очаге, залегающем близко к земной поверхности, должны идти скорее, чем в глубоко залегающем магматиче-

ском очаге, так как охлаждение очага в первом идет быстрее, чем во втором, и равновесное состояние нарушается в первом быстрее, чем во втором.

Таким образом, последовательное изменение состава лав зависит, с одной стороны, от времени извержения, нарушающих нормальный ход дифференциации, как об этом писал А. Н. Заварицкий (1935), а с другой стороны — от термодинамической обстановки и физико-химических условий, которые должны несколько различаться в близких и глубоких от поверхности земли очагах.

Что же касается вулканов, расположенных в камчатской грабенообразной долине (Ключевская группа вулканов и вулканы, расположенные к северу от нее), то они отличаются от вулканических образований, расположенных на платообразной ступени (Семячинские и прилегающие к ним вулканы), следующими особенностями: 1) значительно большим развитием основных лав; 2) очень малым развитием кислых лав, причем самой кислой породой является дацит (Зими́на сопка, Большая Удина); 3) незначительным развитием небольших по размеру кальдер; 4) значительно большими высотой и объемом вулканов, т. е. значительно большим количеством излившихся лав, пошедших на построение таких громадных вулканов, как Ближняя и Дальняя Плоские сопки, Ключевской вулкан и др.

Вызваны ли эти отличия тектоническими причинами, т. е. приуроченностью к грабенообразной долине, или другими причинами?

Возможно, что эти различия (мало кислых лав, отсутствие больших кальдер, большая величина вулканов) объясняются большей молодостью Ключевской группы вулканов по сравнению с Семячинскими вулканами. Последние, за исключением Карымского и Малого Семячика, уже значительно разрушены.

На основании приведенных сведений можно высказать предположение, что вряд ли характер вулканической деятельности, состав магмы и ее эволюция связаны с тектоникой. Но дать окончательный ответ пока еще затруднительно. Необходимы новые факты, которые могли бы выяснить более или менее определенно наличие или отсутствие упомянутой связи.

Что же касается принадлежности Семячинских и Ключевских вулканов к тихоокеанскому андезитовому поясу, то от отнесения к нему этих вулканических звеньев стоит воздержаться, так как количество андезитовых точек (выходов вулканов) не равноценно объему их лав, а для решения этого вопроса необходимо знать их объем, так как, например, в Ключевском районе явно преобладают базальтовые лавы, а в Семячинском районе значительную роль играют кислые лавы. Только после детальной геологической съемки с учетом объемов всех вулканических горных пород, развитых в изучаемой области, можно говорить о приуроченности данного вулканического звена к андезитовому или к другому поясу.



ЛИТЕРАТУРА

- Богданович К. И. Динамическая геология. Петербург. Лекции 1909—1910 гг.
- Веселовская М. М. Химико-минералогическое исследование в области пироксенов диопсид-авгитового ряда. «Тр. Ин-та геологических наук», вып. 86. Петрогр. серия, № 39, 1950.
- Винчел А. Н. Оптическая минералогия. Изд-во. иностр. лит-ры, 1949.
- Влодавец В. И. Химический облик изверженных горных пород Камчатки. «Бюлл. Вулкан. станции на Камчатке», № 5, 1939₁.
- Влодавец В. И. Карымская группа вулканов. «Бюлл. Вулкан. станции на Камчатке», № 7, 1939₂.
- Влодавец В. И. Ключевская группа вулканов. «Тр. Камчатской вулкан. станции», вып. 1, 1940.
- Влодавец В. И. Вулканы Карымской группы. «Тр. Камчатской вулкан. станции», вып. 3, 1947.
- Влодавец В. И. Вулканы Советского Союза. Географиздат, 1949.
- Влодавец В. И. О некоторых семейчинских туфолах и их происхождении. «Изв. АН СССР», сер. геол., № 3, 1953.
- Влодавец В. И. О происхождении пород, обычно называемых туфолами и игнимбритами. «Тр. Лабор. вулканологии», вып. 14, 1957.
- Влодавец В. И., Морозов А. И. и Троицкий В. Д. Вулкан Малый Семейчик. «Бюлл. Вулкан. станции на Камчатке», № 15, 1948.
- Гинзбург П. И. и Рукавишников И. А. Минералы древней коры выветривания Урала. Изд-во АН СССР, 1951.
- Грейтон Л. К. Предположения о вулканическом тепле. Изд-во иностр. лит-ры,
- Гречишкин Л. А. Геологический очерк восточного побережья Камчатки. «Тр. Нефт. геол.-разв. ин-та», сер. А., вып. 72, 1935.
- Гутенберг Б. Остывание земли и ее внутренняя температура. Сб. «Внутреннее строение Земли», 1949.
- Дитмар К. Поездки и пребывание в Камчатке в 1851—1855 гг. СПб., 1901.
- Заварицкий А. Н. Северная группа вулканов Камчатки. «Тр. СОПС АН СССР», сер. Камчатская, вып. 1, 1935.
- Заварицкий А. Н. Линейное расположение вулканов Камчатки. В кн.: «Тезисы докл. на XVII Междунар. геолог. конгр.». М., ОНТИ, 1937.
- Заварицкий А. Н. О вулканах Камчатки. В кн.: «Камчатский сборник», т. 1, Изд-во АН СССР, 1940.
- Заварицкий А. Н. Введение в петрохимию изверженных горных пород. Изд-во АН СССР, 1944.
- Заварицкий А. Н. О высокотемпературных плагиоклазах. «Зап. Всес. минер. об-ва», 2-я серия, ч. 80, вып. 3, 1951.
- Заварицкий А. Н. Вулкан Голгат и его продукты. «Тр. Лабор. вулканологии», вып. 7, 1953.
- Заварицкий А. Н. Вулканы Камчатки. «Тр. Лабор. вулканологии», вып. 10,
- Заварицкий А. Н., Горшков Г. С. и Пийп Б. И. Изучение вулканов Камчатки. «Тр. Лабор. вулканологии», вып. 8, 1954.
- Иванов В. В. Гидротермы Камчатско-Курильской вулканической зоны. «Бюлл. МОИП», отд. геол., т. 29, вып. 5, 1954.

- Иванов В. В. О происхождении камчатских термальных вод. В кн.: «Вопросы изучения курортных ресурсов СССР». Изд. Центр. ин-та курортологии, 1955.
- Крашенинников С. Описание земли Камчатки, т. 1, 1755 (1-е изд.); 1786 (2-е изд.).
- Левинсон-Лессинг Ф. Ю. О разграничении базальтов и андезитов. «Изв. Геол. ком.», № 4, 1925.
- Магницкий В. А. Основы физики Земли. Изд-во геодез. лит-ры, 1953.
- Меияйлов А. А. Вулкан Шивелуч, его геологическое строение, состав п извержения. «Тр. Лабор. вулканологии», вып. 9, 1955.
- Набоко С. И. Хроника. «Бюлл. Вулкан. станции», Л» 22, 1954.
- Новограбленов П. Т. Каталог вулканов Камчатки. «Изв. Гос. геогр. об-ва», т. 64, вып. 1, 1932.
- Пийп Б. И. Термальные ключи Камчатки. «Тр. СОПС АН СССР», сер. Камчатская, вып. 2, 1937.
- Пийп Б. И. Материалы по геологии и петрографии района рек Авачи, Рассошины, Гаванки и Налачевы на Камчатке. «Тр. Камч. компл. эксп.», вып. 2, 1941.
- Пийп Б. И. Маршрутные геологические наблюдения на юге Камчатки. «Тр. Камчатской вулкан. станции», вып. 3, 1947.
- Соболев В. С., Вартанова Н. С. и Горбачевская О. И. Петрография неогеновых вулканических пород Ужгород-Хустского хребта. «Тр. Львовск. геол. об-ва», петрогр. серия, вып. 1, 1947.
- Троицкий В. Д. Роща Камчатской пихты и физико-географические условия района, ее окружающего. «Изв. Всес. геогр. об-ва», вып. 3, 1941.
- Троицкий В. Д. Краткий геоморфологический очерк района Карымского вулкана. «Тр. Камчатской вулкан. станции», вып. 3, 1947.
- Удивцев Г. Б. Рельеф Курило-Камчатской впадины. «Тр. Ин-та океанологии», т. 12, 1955.
- Устинова Т. И. Верхне-Семячинские горячие ключи. «Изв. Всес. геогр. об-ва», т. 79, вып. 4, 1947.
- Устинова Т. И. Вулкан Гамчен. «Бюлл. Вулкан. станции», Л» 21, 1954.
- Цветков А. И. Изоморфные замещения в группе бесщелочных пироксенов. «Тр. Геол. ин-та», вып. 138. Петрогр. серия, № 41, 1951.
- Щербаков А. В. Два геологических пересечения полуострова Камчатки. «Тр. СОПС АН СССР», сер. Камчатская, вып. 5, 1938.
- Щербаков А. В. Геологические исследования по маршруту село Кирганик — село Калахтырка. «Тр. Камчатской компл. эксп.», вып. 3, 1941.
- Ястребов Е. В. Группа вулканов Большого Семячика. «Изв. Всес. геогр. об-ва», т. 85, вып. 5, 1953.
- Вескег G. F. The geometrical form of volcanic cones and the elastic limit of lava. «Amer. J. Sci.», Ser. 3, v. 30, N 178, 1885.
- Van-Bemmelen R. W. The geology of Indonesia. The Hague. Gov. print. off, 1949.
- Cotton C. A. Volcanoes as landscape forms. New York, 1952.
- Day A. L. and E. T. Allen. The volcanic activity and hot springs of Lassen peak. Publ. Carnegie Inst. Washington, 1925.
- Fenner C. N. The Katmai region, Alaska and the great eruption of 1912. «J. Geol.», v. 18, N 7, 1920.
- Hess H. H. Pyroxenes of common mafic magmas. «Amer. Min.», v. 26, N 9-10, 1941.
- Leyden R. von. Staukuppen und verwandte Bildungen. Ein Beitrag zur vulkanologischen Systematik auf genetischer Grundlage. «Zeitsh. fur Vulkanol.», Bd. 16, H. 4, 1936.
- Linsck G. Uber die auere Form und den inneren Bau der Vulkane mit einem Anhang ber die Dnen. «Neue. Jahrb. f r Min., Geol. u. Palaont.», Festband, 1907.
- Milne J. On the form of volcanoes. «The Geol. Mag.», v. 5, N 8, 1878.
- Philippson A. Kleinasien. 1918. Ref. Peck H. «Zeitsh. fur Vulkanol.», Bd. 7, S. 119, 1923.
- Reck H. Santariin. Der Werdegang eines Inselvulkans und sein Ausbruch 1925—1928. Berlin, 1936.
- Steiner A. Hydrothermal rock alteration at Wairakei, New Zealand. «Econ. Geol.», v. 48, N 1, 1953.

- Steiner A. Hydrothermal rock alteration. New Zealand Dep. of Sci. a. Industr., Research. Bull. 117. «Geothermal Steam for Power in New Zealand», 1955.
- Williams H. The volcanic domes of Lassen peak and vicinity. California. «Am. J. Sci.», Ser. 5th, v. 18, October, 1929.
- Williams H. The history and character, of volcanic domes. Univ. Calif. Publ. «Bull. Dep. Geol. Sci., Berkley», v. 21, N 5, 1932.
- Wolff F. Die Zustandsgr en der Santorinausbr che 1925—1926. Ein Beitrag zur Theorie andesitischen Vulkanausbrche.— «J. Geol.», v. 46, 1938.
- V o l f f F. Das Gesetz des Vulkanismus. «Nova acta Leopold», Bd. 8, N 55, 1940.



ОГЛАВЛЕНИЕ

	Стр.
Введение	5
1. Предыдущие исследования	6
2. О геологическом строении и истории Семячинского района	11
3. Общая морфология Семячинского района	23
4. Вулканические образования, их форма и строение	26
Группа вулканов Большого Семячика	26
Группа вулканов Малого Семячика	55
Некоторые замечания и выводы по вулканическим формам рельефа	67
5. О некоторых морфологических и текстурных чертах лавовых потоков, туфов и пирокластических образований	81
6. Грязевые вулканчики	86
7. Вулканическая деятельность	94
8. Вулканические продукты	115
9. Породообразующие минералы в лавах Семячинского района	141
10. Особенности химического состава семячинских лав	148
11. Фумарольные минералы	155
12. Метасоматически измененные вулканические породы	168
13. Горячие источники	179
14. Некоторые замечания о связи семячинских вулканов с тектоническим строением района	187
Литература	191

CONTENTS

	Pace
Introduction	3
1. Earlier researches	6
2. On the geological structure and history of the Semjachic district.	11
3. General morphology of the Semjachic district.	23
4. Volcanic formations, their forms and structures:	26
Boljshoy Semjachic group.	26
Maliy Semjachic group.. . . .	55
Remarques and conclusions on the volcanic forms of relief.	67
5. Some morphological and structural features of lava flows, welded tuffs and pyroclastic rocks.	81
6. Small mud volcanoes.	86
7. Volcanic activity.	94
8. Volcanic products.	115
9. Rockforming minerals in the lavas of Semjachic district.	141
10. Specific features of the chemical composition of Semjachic lavas.	148
11. Fumarolic minerals.	155
12. Volcanic rocks altered by metasomatism.	168
13. Hot springs.	179
14. A few remarks on the connection of Semjachic volcanoes and the tectonic structure of this district.	187
Bibliography.	191